

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

О. М. Артюх, О. В. Дударенко  
В. В. Кузьмін, А. Ю. Сосик  
А. В. Щербина

**ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ**

Навчальний посібник

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2021

УДК 629.33.05(075.8)

Е 50

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(Протокол № 3 від 6.12.2021 р.)*

**Рецензенти:**

*Сахно В. П.* – д.т.н., професор, академік Транспортної академії України, Заслужений працівник освіти України, завідувач кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету (м. Київ).

*Панченко А. І.* – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Мехатронні системи та транспортні технології» Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

*Воронін С. В.* – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Машинобудування та технічний сервіс машин» Українського державного університету залізничного транспорту.

Е 50 Електронні системи керування транспортними засобами : навч. посіб. / О. М. Артюх, О. В. Дударенко, В. В. Кузьмін та ін. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2021. – 556 с.

ISBN 978-617-529-346-1

Навчальний посібник призначений для формування знань про будову та принцип дії приладів і електронних блоків електронних систем механічних транспортних засобів, про ознаки їх несправностей та способи усунення. Набуття вмінь здійснювати перевірку технічного стану, пошук несправностей окремих елементів електронних систем механічних транспортних засобів. Посібник призначений для студентів які навчаються за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування.

УДК 629.33.05(075.8)

ISBN 978-617-529-346-1

© Національний університет  
«Запорізька політехніка», 2021  
© Артюх О. М., Дударенко О. В.,  
Кузьмін В. В., Сосик А. Ю.,  
Щербина А. В., 2021

## ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Вступ до курсу. Розвиток електричної системи автомобіля.....	11
1.1 Предмет і завдання дисципліни.....	11
1.2 Коротка історія розвитку електричної системи автомобіля.....	14
1.3 Сучасні розробки та можливі напрямки розвитку автомобільних електронних систем.....	26
2 Основи електротехніки та електроніки.....	35
2.1 Сила струму.....	35
2.2 Напруга.....	36
2.3 Опір.....	37
2.4 Робота і потужність.....	39
2.5 Електромагнітна індукція.....	40
2.6 Провідники, ізолятори і напівпровідники.....	43
2.7 Постійний і змінний електричний струм.....	45
2.8 Електроємність. Конденсатори.....	47
2.9 Потужність змінного струму.....	51
2.10 Трифазний струм.....	53
2.11 Електричні вимірювання.....	54
3 Системи обміну даними в автомобілі.....	59
3.1 Необхідність шинних систем.....	59
3.2 Мережна структура транспортного засобу.....	60
3.3 Конфігурація мережних структур.....	61
3.4 Огляд шинних систем.....	67
3.5 Інші системи передачі даних.....	71
3.6 Шина передачі даних CAN-Datenbus.....	72
3.7 Протокол даних.....	77
3.8 Розподіл інформації.....	79
3.9 Боротьба з перешкодами при передачі інформації.....	80
3.10 Мережні структури сучасних легкових автомобілів.....	81
4 Батареї та системи заряду транспортних засобів.....	84
4.1 Принцип дії свинцевого акумулятора.....	87
4.2 Устрій стартерних акумуляторних батарей.....	90
4.3 Електроди.....	91
4.4 Сепаратори.....	95

4.5	Моноблок. Кришки. Пробки .....	98
4.6	Міжелементні перемички. Полюсні виводи .....	101
5	Системи подачі палива .....	110
5.1	Процес згоряння у двигунах з іскровим запаленням ...	110
5.2	Детонація .....	114
5.3	Конструкція камери згоряння .....	117
5.4	Розшарування заряду по об'єму циліндра .....	117
5.5	Концентрація суміші і якість роботи двигуна .....	118
5.6	Двигуни із запалюванням від стиснення .....	120
5.7	Конструкція камери згоряння дизельного двигуна .....	123
5.8	Постачання двигуна паливом і шкідливі викиди. Режими експлуатації .....	124
5.9	Інші джерела забруднень .....	126
5.10	Етиловане і неетиловане паливо .....	127
6	Системи запалювання .....	131
6.1	Функціональні вимоги до систем запалювання .....	131
6.2	Загальна котушка запалювання .....	132
6.3	Індивідуальна котушка запалювання .....	133
6.4	Здвоєна котушка запалювання .....	134
6.5	Генерація високої напруги для свічок запалювання .....	135
6.6	Схеми систем запалювання .....	139
6.7	Контактно-транзисторна система запалювання .....	143
6.8	Електронні системи запалювання .....	145
6.9	Безконтактна система запалювання з регулюванням часу накопичення енергії .....	147
6.10	Електронні пристрої керування моментом запалювання .....	149
7	Електронне керування роботою двигуна внутрішнього згоряння .....	155
7.1	Змінюваний впускний тракт .....	155
7.2	Зміни в режимі роботи клапана .....	157
7.3	Контроль факела згоряння й тиску .....	159
7.4	Лямбда-датчики широкого діапазону .....	160
7.5	Інжектори з повітряним екрануванням .....	160
7.6	Бортова діагностика .....	161
7.7	Шкідливі викиди та конструкція двигуна .....	163
7.8	Термічне допалювання палива .....	167
7.9	Каталітичні конвертери .....	168

7.10	Лямбда-контроль у замкненому контурі керування ....	172
7.11	Контроль вихлопу дизеля .....	174
7.12	Системи комплексного керування автомобілем .....	175
7.13	Система Cartronic компанії Bosch .....	177
7.14	Система GDI (Mitsubishi) .....	179
7.15	Знижена витрата палива й підвищена потужність .....	182
7.16	Фундаментальні технології двигуна GDI .....	184
7.17	Оптимізована конфігурація камери згоряння .....	185
8	Електронні системи керування динамікою автомобіля .....	188
8.1	Вимоги до ABS .....	188
8.2	Загальний опис системи .....	190
8.3	Компоненти ABS .....	192
8.4	Керування гальмами системою ABS .....	194
8.5	Стратегія керування .....	196
8.6	Варіанти системи ABS .....	197
8.7	Антипробуксовочна система .....	197
8.8	Система курсової стійкості .....	202
8.9	Система керування динамікою автомобіля .....	206
8.10	Система Стоп-Старт .....	208
8.11	Система екстреного гальмування .....	212
8.12	Система розподілу гальмівних зусиль .....	216
8.13	Система виявлення великих тварин .....	218
8.14	Система допомоги при спуску .....	220
8.15	Система допомоги при підйомі .....	221
8.16	Адаптивний круїз-контроль .....	223
8.17	Система допомоги руху по смузі .....	226
8.18	Система інтелектуального регулювання швидкості .....	229
9	Системи освітлення .....	233
9.1	Принципи освітлення .....	233
9.2	Лампи .....	233
9.3	Зовнішні вогні .....	237
9.4	Лампи передніх габаритних вогнів і протитуманні фари .....	241
9.5	Відбивачі фари .....	241
9.6	Поліеліпсоїдальна система фари .....	244
9.7	Корекція фар .....	246
9.8	Регулювання променя фари .....	248
9.9	Схеми освітлення .....	249

9.10	Газорозрядні і світлодіодні фари.....	251
9.11	Ультрафіолетові фари.....	255
9.12	Освітлення за допомогою світловипромінюючих діодів.....	256
9.13	Ксенонове освітлення – компанії Hella.....	258
9.14	Нові технології сигналізації й освітлення.....	262
9.15	Електричні коректори фар.....	264
9.16	Концепція бороптичного стилю .....	265
9.17	Відбивачі складної форми .....	266
9.18	Інфрачервоні фари .....	267
9.19	Освітлення від єдиного джерела світла .....	270
9.20	Експертні системи освітлення .....	272
9.21	Обов'язкові функції освітлення. Гнучке світло .....	275
9.22	Система переднього освітлення AFS .....	277
9.23	Інші розробки в освітленні автомобіля.....	279
9.24	Світлодіодні джерела.....	281
9.25	Лазерні фари .....	282
9.26	Матричні фари.....	284
9.27	Освітлення салону автомобіля.....	288
10	Електронні системи безпеки .....	293
10.1	Система Алколок (Alcolock) .....	300
10.2	Превентивна система безпеки.....	301
10.3	Система комунікації між автомобілями.....	305
10.4	Система гальмування після зіткнення.....	310
10.5	Натягувач ременя безпеки.....	312
10.6	Подушки безпеки .....	313
10.7	Активні підголовники.....	320
10.8	Аварійний розмикач акумуляторної батареї .....	321
10.9	Система захисту пішоходів .....	322
10.10	Подушка безпеки для пішоходів .....	324
10.11	Система захисту при з'їзді з дороги.....	326
10.12	Система екстреного виклику.....	327
10.13	Система порятунку з затонулого автомобіля .....	329
10.14	Система захисту дверей від пошкодження .....	332
11	Протиугінні системи .....	335
11.1	Механічні протиугінні пристрої .....	336
11.2	Імобілайзер.....	345
11.3	Автомобільна сигналізація.....	349

11.4	Центральний замок .....	353
11.5	Система інтелектуального доступу в автомобіль .....	356
11.6	Електросклопідйомники .....	359
11.7	Система стеження за автомобілем.....	364
11.8	Система контролю витрат палива.....	366
12	Електронні системи інформування водія.....	369
12.1	Датчики .....	369
12.2	Прилади теплової дії.....	369
12.3	Прилади з переміщенням залізних елементів .....	372
12.4	Повітряно-магнітні прилади .....	374
12.5	Інші типи приладів.....	375
12.6	Цифрова приладова система .....	377
12.7	Проекційний дисплей .....	380
12.8	Система виявлення пішоходів .....	384
12.9	Система попередження про велосипедистів.....	386
12.10	Система наскрізного бачення.....	389
12.11	Паркувальна система .....	391
12.12	Система автономної парковки .....	394
12.13	Система кругового огляду.....	396
12.14	Система маневрування з причепом .....	398
12.15	Система допомоги при перестроюванні .....	400
12.16	Автомобільна система нічного бачення.....	402
12.17	Система розпізнавання дорожніх знаків.....	405
12.18	Система виявлення можливих дорожніх пробок .....	407
12.19	Система інформування про світлофори.....	409
12.20	Система передбачення дорожніх умов .....	411
12.21	Автомобільна навігаційна система.....	413
13	Електронні системи керування мікрокліматом в салоні автомобіля.....	421
13.1	Вентиляція .....	424
13.2	Система обігріву салону – двигун з водяним охолодженням.....	425
13.3	Мотори повітрянагрівача .....	426
13.4	Електронний контроль системи обігріву салону .....	427
13.5	Принцип роботи автомобільного кондиціонера .....	428
13.6	Система клімат-контролю .....	452
14	Електронні системи шасі .....	456
14.1	Активна підвіска .....	456

14.2	Датчики, приводи і функціонування активної підвіски .....	457
14.3	Системи повного приводу .....	459
14.4	Система повного приводу 4Motion.....	463
14.5	Система повного приводу quattro .....	466
14.6	Система повного приводу 4Matic .....	470
14.7	Система повного приводу xDrive .....	472
14.8	Система адаптації до дорожніх умов .....	476
14.9	Коробка передач.....	479
14.10	Автоматична коробка передач.....	481
14.11	Керування автоматичною коробкою передач .....	487
14.12	Функція (Tiptronic).....	491
14.13	Роботизована коробка передач .....	493
14.14	Система контролю тиску в шинах .....	497
14.15	Система запобігання неавтоматичного прискорення .....	500
15	Гібридні та електричні автомобілі.....	504
15.1	Поняття про автомобіль із електричним приводом .....	504
15.2	Батареї електромобіля.....	505
15.3	Приводні мотори .....	505
15.4	Майбутнє електромобілів.....	509
15.5	Гібридні транспортні засоби .....	510
15.6	Розвиток конструкцій електромобілів недалекого минулого.....	511
15.7	Nelso – гібридний двигун.....	516
15.8	Система електромобіля на батареї натрій-сірка.....	519
15.9	Газотурбінний гібрид.....	521
15.10	Індуктивна зарядка.....	522
15.11	Система батарей ZOXY – «chemTEK».....	523
15.12	Двигуни в колесах – електромобілі GM.....	528
15.13	Інфраструктура водню.....	529
15.14	Електромобілі Tesla .....	539
	Література .....	548

## ВСТУП

Стрімке вдосконалення систем автомобільної електроніки та систем упорскування палива, спрямованих на значне зниження шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобіля, все більше застосування електроніки в роботі допоміжних систем транспортних засобів, вдосконалення електронного обладнання кузовних систем та шасі автомобіля, змусили авторів цього курсу повністю переглянути і переробити розроблену раніше структуру дисципліни «Електронні системи керування транспортними засобами».

В даному курсі лекцій, в основному, викладаються загальні принципи устрою електричних і електронних систем, властивілюбим моделям автомобілів різних виробників. Особливості конструкції вузлів і агрегатів конкретних моделей автомобілів наведені лише для ілюстрації. Поряд з описом сучасних систем електрообладнання та електронних систем, в курсі лекцій приділено увагу і більш старим електронним пристроям, оскільки сотні тисяч старих моделей автомобілів все ще знаходяться в експлуатації в Україні.

Оскільки даний курс лекцій «Електронні системи керування транспортними засобами» являє собою спеціалізований курс, необхідний для практичної діяльності майбутнього інженера-механіка з освітньою спеціалізацією «Колісні та гусеничні транспортні засоби», в ньому розглянуті як загальні питання і відомості про електронне обладнання транспортних засобів, так і питання їхньої подальшої діагностики і технічного обслуговування під час експлуатації.

Окрему увагу приділено гібридним автомобілям і електромобілям: розглянуті методи та шляхи оснащення транспортних засобів сучасними системами тягового електроприводу, системами автоматичного управління гібридних систем з послідовною, паралельною і комбінованою енергетичними установками. Розглянуті методи підвищення ефективності використання гібридних автомобілів і підвищення екологічності, з урахуванням досягнень вітчизняної та світової науки в галузі машинобудування.

Враховуючи вищесказане, слід зазначити що для вивчення

даної дисципліни необхідні глибокі знання загальноосвітніх інженерних дисциплін, таких, як фізика, електротехніка, електроніка, інформатика, а також знання устрою двигуна внутрішнього згоряння і процесів, що відбуваються в двигуні.

# 1 ВСТУП ДО КУРСУ. РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

## 1.1 Предмет і завдання дисципліни

Метою курсу лекцій з дисципліни «Електронні системи керування транспортними засобами» є узагальнення, систематизація питань конструкції, діагностування та обслуговування сучасних електронних систем автомобіля.

При розробці даного курсу були використані результати праць провідних вчених вузів України таких як: Волкова В.П., Бажинова О.В., Двадненко В.Я., Хакіма М., Кашканова А.А., Смірнова О.П., Серікова С.А., Росії (МАДІ) Рібакова В.К., Ісмоїлова М.І. Значну увагу було приділено аналізу та систематизації знань, представлених в іноземній (англомовній) літературі, в тому числі електронних ресурсів виробників сучасних електронних систем автомобілів.

При створенні даного курсу лекцій автори ставили собі за мету формування у студентів повного, комплексного уявлення знань про електронні системи сучасних автомобілів, що вкрай важливо для інженера автомобільного транспорту, оскільки частка електроніки в автомобілях постійно збільшується. Так у 2010 році на неї припадало 35 % вартості автомобіля, у 2017-му вже 40 %, і очікується, що в найближче десятиліття частка електроніки в собівартості автомобіля досягне 50 і більше відсотків.

Зараз найбільш масштабною й різнобічною ринковою тенденцією слід назвати всебічну комп'ютеризацію автомобіля. Тобто вже стали нормою вбудовані в приладову панель автомобіля екрани з досить великою діагоналлю, які поряд з розважальними функціями ще й вирішують завдання полегшення навігації автомобіля в просторі, повним ходом ведуться роботи зі створення вбудованих в лобове скло прозорих моніторів.

На них буде відображатися не тільки важлива для водія інформація, але і зможе формуватися картинка віртуальної реальності, яка доповнює природну площу огляду водія. І поява нових технологій, таких як 3D-ламіноване скло, сприятиме ще швидшому і широкому розвитку описаних технологій в

автомобілебудуванні.

З іншого боку, все більша доступність Інтернету і швидкість потоків інформації створюють умови для більш широкого розвитку систем телематики. Іншими словами, полегшується автономний обмін інформацією між автомобілем і будь-якими об'єктами, які не належать до нього.

В кінцевому результаті це має спричинити за собою створення повноцінного автономного автомобіля. Зайвим підтвердженням всьому цьому служить опублікована ще в 2017 році стаття M. Alam «П'ять основних трендів підключеного до мережі автомобіля», де дається опис поточного розвитку різних технологій «спілкування» автомобіля з зовнішнім світом.

Не менша увага приділяється екологічним показникам автомобіля, виконати які без мікропроцесорного управління силовим агрегатом неможливо. Ще більше зростає роль електронних і мікропроцесорних систем, які багато в чому визначають активну і пасивну безпеку автомобіля. Отже немає ніяких сумнівів, що питання конструкції, експлуатації електронних систем автомобіля є актуальними.

І Україна до речі не стоїть осторонь всіх цих процесів, про що явно свідчить вже запроваджений в країні стандарт зв'язку 4G та підписаний Президентом В. Зеленським в серпні 2019 року законопроект про розвиток зарядної інфраструктури для електромобілів в країні.

Але слід зазначити, що саме поняття електронної системи є більш загальним, ніж поняття мікропроцесорної системи. У найзагальнішому сенсі під електронною системою розуміється система, побудована на радіоелектронних елементах. Для чіткого розуміння відмінності між електронною і мікропроцесорною системами слід одразу визначити їх поняття, причому для першої в більш вузькому сенсі.

**Електронна система автомобіля** – система (вузол) автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається принциповою електричною схемою блоку управління або всього вузла. При цьому технічно електронний блок управління (ЕБУ) або весь вузол може бути виконаний на дискретних та (або) інтегральних радіоелементах, а зміна алгоритму роботи системи або вузла неможлива без зміни електричної схеми.

**Мікропроцесорна система автомобіля** – система автомобіля, алгоритм функціонування якої визначається програмою процесора електронного блоку управління (ЕБУ). Таким чином, в даній системі завжди є блок управління на основі мікропроцесора і для зміни алгоритму роботи системи потрібно змінити програму мікропроцесора.

В даній час накопичений значний досвід застосування електронної апаратури в автомобілях. Використання цього досвіду є важливою умовою прискорення розробок нових, більш досконалих електронних пристроїв.

На відміну від початкового періоду розвитку автомобільної електроніки, для сучасного характерна наявність основних чотирьох напрямків:

- створення електронних пристроїв для заміни ними традиційних вузлів автомобільного електрообладнання (регулятори напруги, управління світловою та звуковою сигналізацією, регулятори систем опалення, кондиціонування, підігріву двигуна, тахометри, спідометри);
- застосування електронних пристроїв (в тому числі з використанням ЕОМ) для безперервного контролю та видачі поточної інформації про експлуатаційні показники автомобіля (наприклад, поточну витрату палива, чи слід змінювати ту чи іншу передачу для оптимального режиму руху, тощо); до цієї категорії пристроїв слід віднести і системи діагностування стану агрегатів автомобіля;
- розробка електронної апаратури управління запалюванням, паливоподачею і системами, що забезпечують зниження токсичності відпрацьованих газів двигуна;
- створення електронних пристроїв для систем керування агрегатами трансмісії, гальмівними системами та іншими вузлами автомобіля (за винятком двигуна).

Застосування електронної апаратури в системах управління агрегатами автомобіля в ряді випадків спричинило доцільність зміни конструкції самих агрегатів. Тому сучасна автомобільна електронна система управління фактично є комплексом власне

електронної апаратури і керованих нею виконавчих пристроїв.

Електронні системи управління, створювані на базі дискретних елементів та інтегральних мікросхем, що виконують якусь певну задачу управління, відносяться до систем з жорсткою логікою, алгоритм їх функціонування визначається схемотехнікою системи.

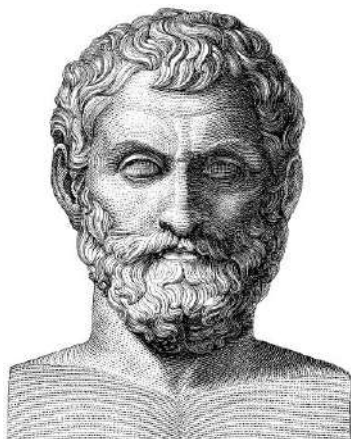
У мікропроцесорних систем таке обмеження відсутнє, тобто при одній і тій же структурі дані системи можуть реалізовувати різні алгоритми управління внаслідок відповідної зміни запису команд в елементах пам'яті системи. Завдяки цьому мікропроцесорні системи утворюють особливий клас електронних систем управління і мають ряд унікальних можливостей з точки зору реалізації найскладніших завдань управління.

## **1.2 Коротка історія розвитку електричної системи автомобіля**

Історія електричної енергії може бути простежена приблизно до 600 р. до н.е., коли грецький філософ Фалес Мілетський виявив, що бурштин, потертий шматком хутра, притягує легкі предмети, такі як пір'я. Це явище обумовлено статичною електрикою. Приблизно в цей же час пастух на території нинішньої Туреччини виявив явище магнетизму – він побачив, що частинки гірської породи прилипають до залізного наконечника його палиці. Вільям Гілберт в 16-му столітті довів, що багато інших речовин також є «електричними» і що вони мають дві електричні властивості.

У той час як потертий шматочком хутра бурштин набуває «смоляну електрику», скло, потерте шовком, набуває «скляну електрику». Електрика відштовхує той же тип електрики і притягує протилежний тип. Вчені того часу вважали, що тертя насправді створює електрику (їх термін для електричних зарядів). Вони не могли припустити, що рівна кількість протилежного електричного заряду залишається на хутрі або шовку.

Німець Отто фон Геріке винайшов перший електричний прилад у 1672 р. Він зарядив кулю з сірки статичною електрикою, тримаючи свою руку навпроти нього, в той час як куля оберталася навколо осі.



(також іноді Талес, (624 до н. е., Мілет, Туреччина – 547 до н. е., Мілет, Туреччина)) – давньогрецький філософ, математик, астроном, купець і політичний діяч, вважається першим носієм наукової думки у світовій історії

Рисунок 1.1 – Фалес Мілетський



(William Gilbert, 24 травня 1544 року, Колчестер – 30 листопада 1603 року, Лондон) – англійський фізик, придворний лікар Єлизавети I та Якова I. Вивчав магнітні та електричні явища, першим ввів термін «електричний»

Рисунок 1.2 – Вільям Гілберт

Його експеримент був фактично передвісником теорії, розвинутої в 1740 р. англійським фізиком Вільямом Ватсоном і американським державним діячем Бенджаміном Франкліном, суть якої в тому, що «електричні заряди знаходяться в будь-якій речовині і що вони можуть бути отримані тертям».

Франклін для того, щоб довести, що блискавка є різновидом електрики, запустив повітряного змія і під час грози викликав іскри, торкаючись ключем до дроту. Деяка користь від цього ризикованого експерименту полягала в тому, що Франклін винайшов громовідвід.

Алессандро Волта, італійський аристократ, винайшов першу батарею. Використовуючи кілька наповнених соляною водою скляних ємностей, в які були поміщені цинкові й мідні електроди, він виявив, що можна отримати електричний удар, доторкнувшись до проводів.



(нім. Otto von Guericke; 30 листопада 1602, Магдебург – 11 травня 1686, Гамбург) – німецький винахідник, фізик, інженер

Рисунок 1.3 – Отто фон Геріке



(англ. William Watson, 3 квітня 1715, Лондон – 10 травня 1787, Лондон) – англійський лікар і вчений, дослідник електрики

Рисунок 1.4 – Вільям Уотсон

То була перша гальванічним батарея і, безсумнівно, попередниця акумулятора, який був винайдений французьким фізиком Гастоном Планте в 1859 р. Цього разу це була кислотно-свинцева батарея, в якій електрика створювалася за рахунок хімічної реакції.

При цьому батарея могла бути відновлена подачею електричного струму в протилежному напрямку. Але ніяка батарея або акумуляторний елемент не може дати більше певної кількості енергії, і винахідники незабаром усвідомили що потрібне постійне джерело електричного струму.

Майкл Фарадей, син коваля з Суррея і помічник сера Гемфрі Деві, винайшов електричний генератор. У 1831 р. Фарадей створив машину, в якій мідний диск обертався між полюсами великого магніту. Мідні пластини забезпечували контакти з ободом диска і віссю, на якій він обертався, електричний струм проходив, коли між пластинами був контакт.



(англ. Benjamin Franklin, 17 січня 1706, Бостон, США – 17 квітня 1790, Філадельфія, США) – ввів загальноприйняте тепер позначення електрично заряджених станів «+» і «-», висунув ідею електричного двигуна, вперше застосував електричну іскру для вибуху пороху

Рисунок 1.5 – Бенджамін Франклін



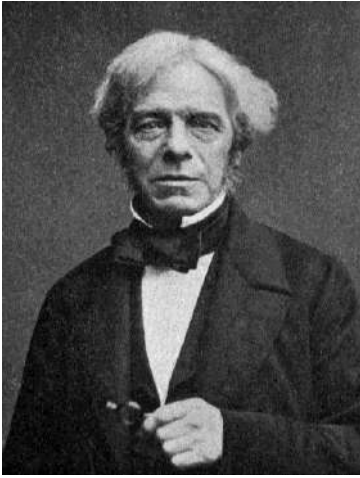
(18 лютого 1745 – 5 березня 1827) – італійський фізик і фізіолог, один з основоположників вчення про електрику. Сконструював першу електричну батарею – Вольтів стовп

Рисунок 1.6 – Алессандро Вольта

Вільям Стерджен з Варрінгтона, графство Ланкашир, створив перший працюючий електродвигун в 1820 р. Він також створив перші робочі електромагніти і використовував в генераторі замість постійних магнітів електромагніти, живлені від батарей.

Ряд винахідників, включаючи двох англійських електротехніків Кромвеля Варлі і Генрі Уальда, у 1866 р. вдосконалили технологію виготовлення постійних магнітів.

Угорський фізик Аньйос Йедлік і американський піонер електротехніки Мозес (Мойсей) Герріш Фермер також працювали на цьому терені. Але першим дійсно успішним генератором стало «дітище» німця Ернста Вернера фон Сіменса. Він створив свій генератор в 1867 р. і назвав його динамо-машиною.



(англ. Michael Faraday; 22 вересня 1791, Лондон, Англія – 25 серпня 1867, Лондон, Англія) – англійський фізик і хімік, засновник вчення про електромагнітне поле

Рисунок 1.7 – Майкл Фарадей



Рисунок 1.8 – Раймон Луї Гастон Планте (1834-1889) – французький фізик, у 1859-1860 рр. винайшов перший свинцевий акумулятор

Сьогодні термін «динамо» вживається лише для генератора, який виробляє постійний електричний струм, а термін – «генератор» (від англ. alternator) має на увазі тільки машини змінного струму. Американський інженер Еліу Томсон (Elihu Thomson) розробив електродвигуни, які могли працювати від змінного струму. Томпсон також винайшов трансформатор, який міняв напругу джерела електроенергії.

Він показав свій винахід в 1879 р., а п'ятьма роками пізніше три угорця, Отто Тітус Блаті (Ottó Titusz Bláthy), Мікса Дері (Miksa Déri) і Каролі Зіперновський (Károly Zipernowsky) створили перші комерційно придатні трансформатори.

Неможливо точно визначити, хто вигадав конкретні електричні вузли для автомобільного двигуна. У другій половині 19-го століття новаторство у всіх областях техніки було стрімким і триває досі (див. Рис. 1.11 – 1.13).



(англ. William Sturgeon; 22 травня 1783 – 4 грудня 1850) – британський фізик, електротехнік і винахідник, створив перші електромагніти і винайшов перший англійський працюючий електродвигун

Рисунок 1.9 – Вільям Стерджен



(або Зіменс, нім. Werner von Siemens; 13 грудня 1816 – 6 грудня 1892) – німецький інженер, винахідник, учений, промисловець, засновник фірми Siemens, громадський і політичний діяч

Рисунок 1.10 – Вернер фон Сіменс

У 1860 р француз Етьєн Ленуар винайшов перший працездатний газовий двигун. Саме цей двигун використовував варіант електричного запалювання на основі котушки, розробленої Румкорфом у 1851 р.

У 1866 р. Карл Бенц використовував прототип магнето, який обертався від приводного ремня. Хоча він і вважав це незручним через мінливу швидкість свого двигуна, Карл вирішив цю задачу, використовуючи два елементи первинної батареї для забезпечення струму запалювання.

У 1889 р. француз Жорж Бутон винайшов контактні переривники для системи з котушкою запалювання, яка видавала позитивну високу напругу запалювання в момент пуску. Однак спірно, що саме ця схема є прообразом сьогоденної системи запалювання.

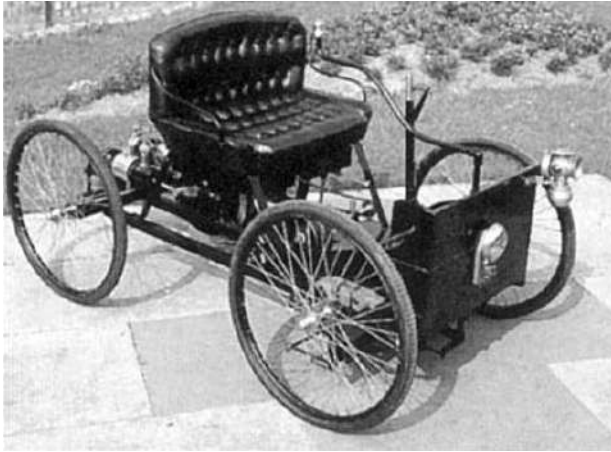


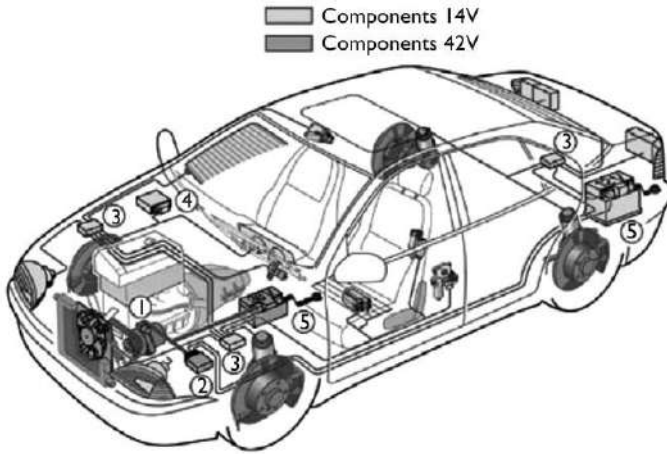
Рисунок 1.11 – Перший автомобіль Генрі Форда  
«Квадріцикл» (Quadricycle)

Еміль Морс використовував електричне запалювання, підключене до ланцюга низької напруги, що живиться акумуляторами, які підзаряджалися від динамо-машини, яка приводилася в рух ремінною передачею. Це була перша успішна зарядна система, вона може бути датована приблизно 1895 р.

Грандіозна в наші дні імперія Бош починалася Робертом Бошем дуже скромно. Найбільш важлива частина його ранніх досліджень була пов'язана з його майстром Фрідріхом Сімсом.

В кінці 19-го століття вони виготовили магнето низької напруги. У 1902 р. Бош впровадив магнето високої напруги майже універсального призначення. Н-подібний вид самого першого магнето сьогодні використовується як торгова марка Боша на всіх видах продукції компанії (рис. 1.14).

З цього моменту і далі система запалювання з магнето була доведена в Європі до дуже високого рівня, в той час як в США верх взяла батарейна система запалювання. Істотну роль а цій галузі зіграв Чарльз Ф. Кеттерінг Працюючи на «Дайтоновську електричну компанію» – «Делко» (Delco), він створив стартер, систему запалювання і систему освітлення для «Кадилака» 1912 р. випуску. Кеттерінг також винайшов регулятор напруги ртутного типу.



- 1 – багатополісний генератор змінного струму,
- 2 – двонаправлений перетворювач напруги 14/42 В,
- 3 – блок комутації сигналів і виходів (винесені запобіжники, діагностика), 4- енергетичний блок (управління генератором, споживачами і електроприводами),
- 5 – система здвоєних батарей (надійний запуск, безпека, система управління по проводах)

Рисунок 1.12 – Напрямки розвитку електронних систем автомобіля

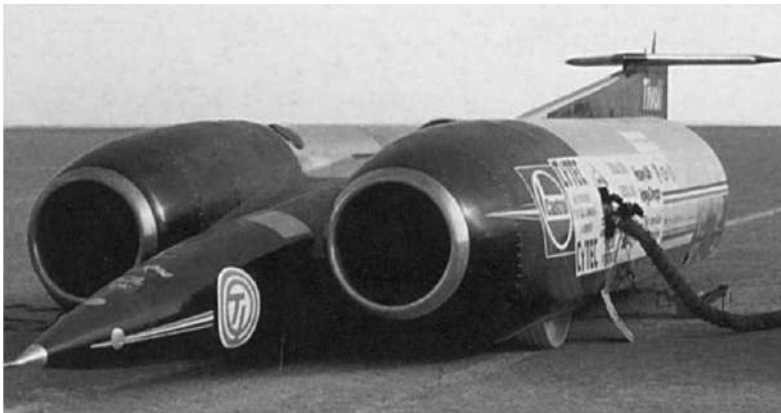


Рисунок 1.13 – Реактивний суперавтомобіль Thrust SSC

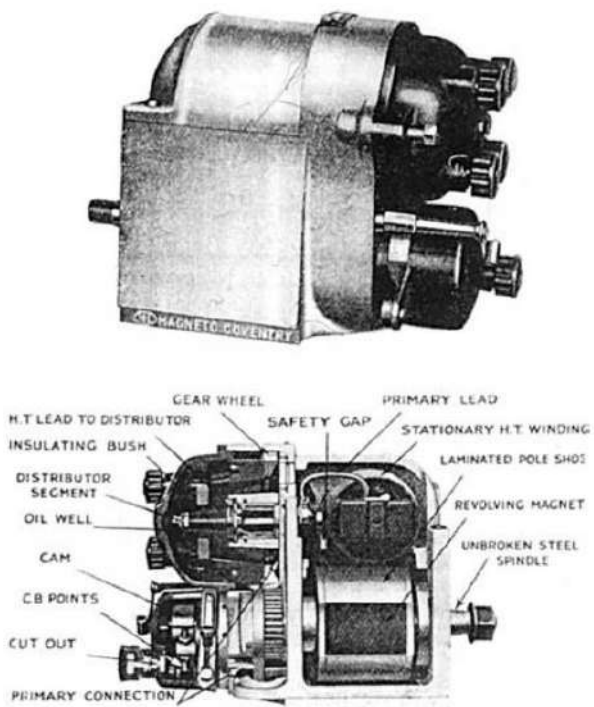


Рисунок 1.14 – Магнето-генератор з обертвовим магнітом

Трьохщітковий генератор, розроблений доктором Гансом Лейтнером і Р.Г. Лукасом, вперше з'явився приблизно в 1905 р. Він дав водієві деяку можливість управління системою підзаряду. За сучасними мірками це був дуже великий генератор, але він міг виробляти струм тільки близько 8 А (рис. 1.15).

Протягом наступного десятиліття було випробувано багато інших технічних прийомів, покликаних вирішити проблему регулювання потужності при постійно мінливій швидкості генератора. Був використаний ряд нових методів управління, деякі з великим успіхом, ніж попередні.

Наприклад, фрикційна муфта, яка плавно прослизала б при певній частоті обертання двигуна, знайшла обмежене використання.

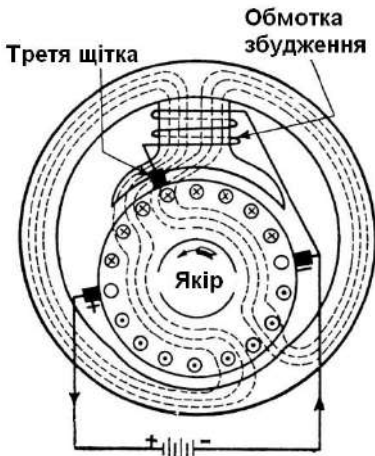


Рисунок 1.15 – Трьохщітковий генератор

Однією з ідей була спіраль що нагрівається, у головному ланцюзі живлення, яка при нагріванні збільшувала свій опір і змушувала електричний струм текти в обхід її через шунтуючу котушку, зменшуючи поле підмагнічування динамо-машини. Було використано безліч варіантів поля «шунтуючої котушки». Але все одно керування зарядкою батареї для всіх цих систем постійного струму було поганим, і часто на водія покладався обов'язок включати і вимикати струм зарядки при досягненні високого і низького граничних значень.

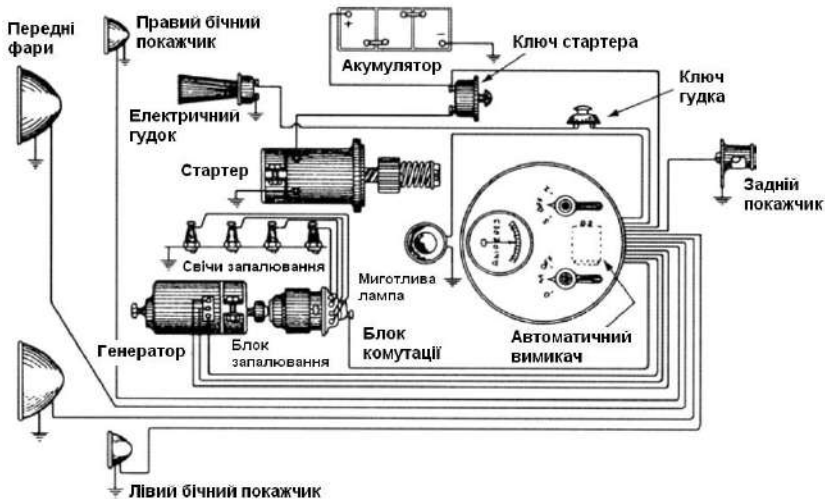


Рисунок 1.16 – Повна схема електричних ланцюгів в автомобілі

По суті, одним з ранніх видів оснащення на приладовій

дощі був показчик рівня електроліту, щоб контролювати стан зарядки батареї!

Двощіткова динамо-машина і блок контролю напруги з компенсацією були вперше використані в 1930-х рр. Це дало значно кращий контроль над процесом заряду і підготувало ґрунт для виникнення багатьох інших електричних систем (рис. 1.16).

У 1936 р. відбувся давно обговорюваний перехід до «позитивної землі» і Лукас зіграв в цьому велику роль (рис. 1.17). Це було зроблено для того, щоб зменшити напругу іскроутворення і таким чином продовжити життя електрода свічки. Це також давало надію зменшити корозію на клеммах батареї та інших контактах в машині.

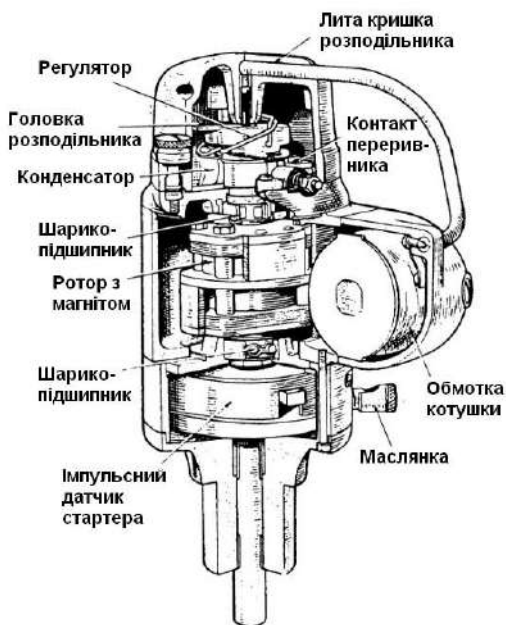


Рисунок 1.17 – Поперечний розріз магнето Лукаса типу 6VRA

П'ятдесяті роки ХХ ст. були ерою, коли системи освітлення почали розвиватися в напрямку створення сучасних складних пристроїв. Миготливі «поворотники» замінили ручки семафорів, а лампи з подвійною ниткою накалу зробили більш зручними

фари. Кварцова галогенова лампа, однак, з'явилася лише на початку 1970-х.

У практику увійшла установка таких вузлів, як: опалювачі, радіоприймачі і, навіть, прикурювачі. Також, в 1960-70 рр. в більшій мірі стали доступними багато додаткових опцій, такі як омивачі вітрового скла і двошвидкісні склоочисники. Компанія Cadillac створила повноцінну систему кондиціонування і навіть таймери для фар.

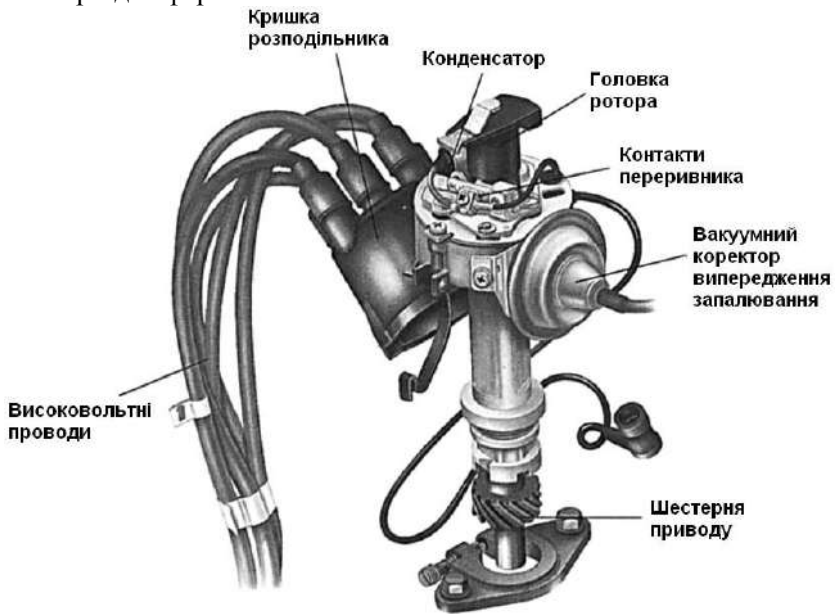


Рисунок 1.18 – Розподільник запалювання з контактними переривниками

Система з негативною землею була знову введена в практику в 1965 р. Це, однак, створило ряд гострих проблем, пов'язаних, зокрема, з поширенням саморобних радіоприймачів та інших аксесуарів. Але і це теж було добре, природно, для успішної торгівлі автомобілями.

Ера інжекції палива і електронного запалювання почалася в 70-х рр. ХХ ст. Склад приладів став куди більш складним, і розташування їх на приборній дошці стало тепер найважливішою

областю дизайну. У деяких типах автомобілів стандартом стали задні стекла з підігрівом. Генератор змінного струму, вперше використаний в 60-і роки в США, до 1974 року став нормою і в Англії.

Велика доступна потужність і стабільність генератора змінного струму стали тим, чого саме і чекала електронна промисловість, і до 80-х років ХХ ст. електричні системи змінилися до невпізнання.

Успіхи в створенні мікрокомп'ютерів і пов'язаних з ними технологій зробили можливим управління всіма функціями автомобіля за допомогою електрики.

Електрична та електронна системи автомобілів багатьом здаються лякаюче складними, але і в той же час це його найбільш цікаві системи. Використовувані сьогодні складні електричні схеми та системи створювалися не водночас і не просто так. Неможливо точно визначити, хто і коли винайшов окремий вузол, оскільки в ту пору розробки велися як паралельно, так і послідовно.

Цікаво поміркувати над тим, кого ми могли б назвати засновником електричної системи автомобіля. Майкл Фарадей, звісно, заслуговує більшого звання, але разом із ним цього ж заслуговують Етьєн Ленуар, Роберт Бош, Ніколас Отто та інші.

Можливо, нам варто було б повернутися назад, навіть ще далі стародавнього грецького філософа Фалеса Мілетського, який, натираючи бурштин хустром, виявив статичну електрику. Доречі, грецька назва бурштину – «електрон».

Докладну історичну хронологію винаходів, з іменами й датами, ви можете знайти самі в книзі Тома Дентона (Tom Denton. *Automobile electrical and electronic systems*, 2004).

### **1.3 Сучасні розробки та можливі напрямки розвитку автомобільних електронних систем**

Більшість виробників вдосконалюють існуючі технології. Однак електронне управління продовжує застосовуватися у більшості областей транспортних засобів. Основною «кроковою зміною» найближчим часом стане перехід на системи 42В, що відкриває двері для інших розробок. Основні зміни відбудуться із впровадженням більшої кількості систем X-by-wire. Телематика

також розвиватиметься далі. Однак хто насправді знає?

**Головний виразний тренд в автоіндустрії останнього часу** – це злиття та поглинання. Якщо казати взагалі, то сучасна автоіндустрія – це в першу чергу величезні концерни і різні бізнес-об'єднання, які володіють більшістю автомобільних брендів. Сьогодні, щоб порахувати самостійні компанії-автовиробники, вистачить пальців однієї руки: першими на думку спадають японські Honda і Mazda, а тепер, напевно, і Ford, який після кризи в Детройті в кінці 2000-х був змушений продати більшість своїх дочірніх брендів, залишивши тільки Lincoln. Та й то, недавно Ford і Volkswagen оголосили про глобальну співпрацю, що може передувати їх потенційному злиттю.

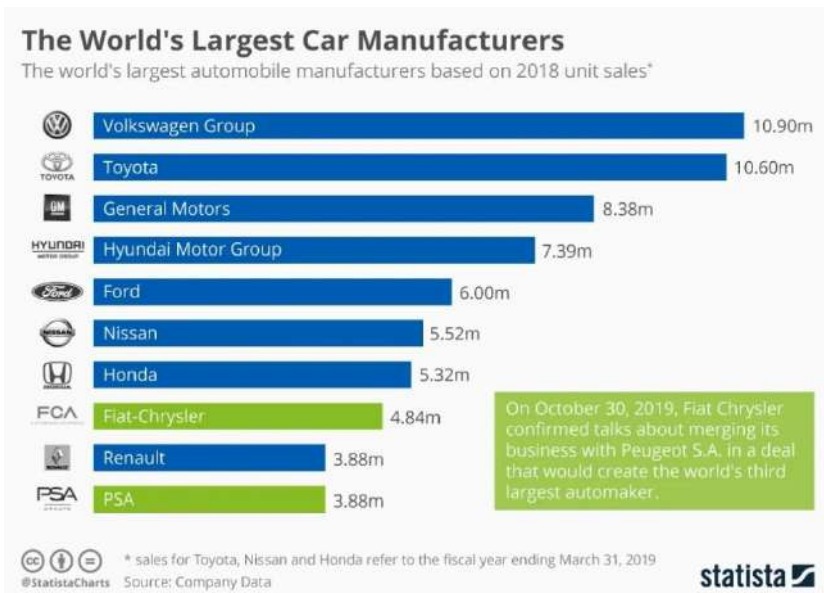


Рисунок 1.19 – Стан світової автоіндустрії на листопад 2019 року

У листопаді 2019 р. таке злиття відбулося між італо-американською компанією Fiat Chrysler Automobiles (FCA) і французьким автовиробником Groupe PSA (Peugeot Société Anonyme), – керівництво підприємств домовилося про взаємний

обмін акціями 50 % на 50 % і створенні штаб-квартири нової об'єднаної групи в Нідерландах.

Такий альянс – надзвичайно важлива новина на ринку автомобілебудування, оскільки як FCA, так і PSA і без того є величезними корпораціями, які володіють кількома брендами.

Наприклад, французькому PSA належать Citroën, Peugeot, Opel, Vauxhall, і DS Automobiles, а в повному розпорядженні FCA знаходяться Alfa Romeo, Abarth, Ferrari, Chrysler, Dodge, RAM, Jeep, Lancia і Maserati. Разом ці компанії в минулому році продали 8,7 млн. машин, що робить їх четвертим за обсягом продажів автомобільним об'єднанням у світі після Volkswagen AG, Renault-Nissan-Mitsubishi Alliance і Toyota Motor Corporation.

Поки що складно оцінити, наскільки успішним буде злиття FCA-PSA, адже виробництво різних автомобілів на одній платформі – річ дуже неоднозначна. Крім популярних трійнят Volkswagen Touareg, Audi Q7, Porsche Cayenne і інших «вдалих» родичів VAG, історія знає і кілька негативних прикладів: навряд чи можна назвати хорошим рішенням поглинання південнокорейської компанії Daewoo американською General Motors, після якого залишилася лише одна малолітражка Aveo, яка ще зовсім недавно випускалася на нашому рідному АвтоЗАзі.

Але слід сказати, що такі донедавна популярні в Україні Lanos а згодом Sens, були створені Daewoo на основі німецької марки Opel моделі Kadett E, яка в той час також належала General Motors. Не те, щоб ці машини були занадто погані, але Kadett E навіть в роки свого випуску – 1984-1993 рр. – був дуже посереднім авто, і спроба його реанімації наступні 30 років навряд чи могла призвести до чогось грандіозного.

До сучасних не найбільш вдалих прикладів злиттів приписують деякі спільні моделі Renault і Nissan, або навіть спроби Ford повторити успіх свого Mondeo в другому поколінні Mazda 6. Крім цього, погане майбутнє пророкували і компанії Volvo, яку китайський холдинг Geely Automobile викупив у Ford Motor в 2010 р. Один з найвідоміших автожурналістів в світі Джеремі Кларксон тоді писав, що у Geely не вистачить «глибини кишень», щоб підтримувати Volvo на колишньому рівні.

Але, як не дивно, шведські інженери як і раніше стоять в авангарді автомобільної безпеки, автопілотування, створюють

якісні авто і недавно навіть випустили свій перший повністю електричний кросовер XC40 Recharge. Можна навести ще кілька десятків таких прикладів, але від цього альянсу Fiat Chrysler і Groupe PSA навряд чи стане більш прогнозованим і зрозумілим.

Всі ці процеси говорять тільки про одне – про уніфікацію і стандартизацію автоіндустрії, а отже і про відсутність будь-яких проривних технічних рішень та інновацій. Оскільки об'єднання ще недавно конструктивно різних брендів призведе до створення всього декількох платформ, які будуть відрізнятися тільки назвами. Кінцевою метою є саме економія коштів на розробку нових технічних рішень і скорочення витрат при виробництві.

***Інший виразний тренд останнього часу*** – це прискорення світової програми переходу на електромобілі. EV100 – це світова ініціатива щодо прискорення переходу на електромобілі до 2030 року. Серед засновників EV100 такі компанії як Deutsche Post DHL, Ikea, Metro, PG & E, Unilever і аеропорт Хітроу.

Так за даними статистики на лютий 2020 р., в Норвегії рівень продажів електромобілів з урахуванням гібридних моделей досяг майже 55 % від загальної кількості автомобілів, які були продані в 2019 році. Найбільш продаваним в країні електромобілем з великим відривом від конкурентів стала Tesla Model 3.

Норвезька статистика також показує, що ні водневі автомобілі, ні автомобілі, що працюють на природному газі, поки не користуються популярністю. При цьому Норвегія, яка є лідером по запасам нафти і газу в Європі, планує ввести заборону на продаж дизельних і бензинових автомобілів вже в 2025 році. Однак при такій динаміці продажів електромобілів заборона може і не знадобитися.

Уряд Естонії стимулює громадян і підприємства до покупки електромобілів, виділяючи фінансові компенсації в розмірі 5000 євро на покупку електрокарів.

Уряд Великобританії заборонить продаж нових авто з двигунами внутрішнього згоряння, які використовують бензин і дизельне паливо починаючи з 2035 року. Це на 5 років раніше, ніж планувалося раніше, пише Reuters. За словами прем'єр-міністра Великобританії Бориса Джонсона, керівництво країни шукає способи заборонити продаж такого транспорту навіть раніше 2035 року.

Варто відзначити, що Британія все ще залишається другим за розміром ринком Європи з продажу бензинових авто, які як і раніше становлять 90 % продажів, відзначає видання. При цьому потенційні покупці електричних авто стурбовані обмеженою кількістю точок зарядки, асортиментом певних моделей і ціною електромобілів. Для того, щоб вирішити цю проблему, уряд виділив \$ 3,25 млн. на установку більше 1 000 нових точок для зарядок електрокарів.

Прийдешня заборона сильно вплине на автовиробників, і скоротить число людей, зайнятих в індустрії. Британія на даний момент є джерелом близько 20 % світових продажів, а електрокари виробляються швидше бензинових авто приблизно на 30 %.

У вересні 2019 р. Маркус Шефер, глава розробки німецького концерну Daimler, до складу якого входить компанія Mercedes-Benz, заявив про зупинку всіх майбутніх розробок бензинових двигунів, і що тепер концерн буде зосереджений виключно на створенні електричних силових агрегатів: «Майбутнє автомобільної промисловості суто електричне. Концерн Daimler повністю переходить на створення електромоторів для своїх майбутніх моделей».

За словами Шефера, Daimler готується представити нове покоління двигунів внутрішнього згорання яке буде встановлено в E- і S-класі, проте воно може стати останнім для концерну. Також Шефер зазначив, що хоча в даний час у Daimler і немає планів на майбутню розробку бензинових двигунів, але пріоритети все ж можуть змінитися. Однак зараз основна увага приділяється створенню виключно електричних моторів. Згідно електричної стратегії розвитку трохи раніше Mercedes-Benz вже був представлений електричний кросовер EQC, а незабаром будуть показані EQB і седан представницького класу EQS.

Все вищесказане говорить про те що ***напрями вдосконалення конструкції автомобіля в цілому, і подальший розвиток електронних систем управління транспортними засобами буде вестися за чотирма ключовими напрямками:***

**1. Підвищення безпеки.** Автомобіль є об'єктом підвищеної небезпеки, що визначає розвиток різних систем безпеки. Зараз широке поширення вже отримали системи активної безпеки, в

тому числі антиблокувальна система гальм, система курсової стійкості. Значно підвищується захищеність водія та пасажирів з застосуванням засобів пасивної безпеки.

**2. Підвищення паливної економічності.** Витрата палива в значній мірі залежить від конструкції двигуна і коробки передач. Сьогоднішні технології забезпечують економічність двигунів внутрішнього згоряння, а заодно їхні екологічні показники, перш за все за рахунок застосування електронних систем управління двигуном, на основі систем безпосереднього упорскування палива (для бензинових) і систем упорскування Common Rail (для дизелів). Економія палива та показники екології досягається також за рахунок зниження маси автомобіля шляхом застосування міцних сталей, легких металів і пластиків.

**3. Підвищення екологічної безпеки.** Автомобіль є джерелом забруднення навколишнього середовища, що стимулює безперервне підвищення екологічної безпеки. Сучасні екологічні норми Євро-6, якими автовиробники керуються ще з 2015 року, припускають зниження шкідливих викидів за рахунок конструктивних змін у випускній системі, системі управління двигуном.

**4. Підвищення комфортності.** Охоплює широке коло питань і пов'язане з прагненням автовиробників створювати автомобілі, які найповніше відповідають індивідуальним запитам споживачів. Сьогодні вже увійшло в практику застосування автоматичної коробки передач з електронним управлінням, рульового управління з електропідсилювачем (це дозволяє запровадити електронні системи паркування авто взагалі без участі людини), системи клімат-контролю, тощо. Найбільш просунуті моделі оснащуються адаптивною підвіскою, системою активного головного світла.

Стрімкий розвиток електронних систем управління, а саме їхнє здешевлення та мінімізація розмірів, зумовлює появу нових видів електронних пристроїв, підвищення продуктивності електронних блоків управління застосовуваних на транспортних засобах. Останнім часом все більший ухил в розробці нових конструктивних рішень йде саме в сторону систем активної та пасивної безпеки автомобілів.

Найбільш відомими і затребуваними електронними системами активної безпеки автомобілів сьогодні є:

- антиблокувальна система гальм;
- антипробуксовочна система;
- система курсової стійкості;
- система розподілу гальмівних зусиль;
- система екстреного гальмування;
- система виявлення пішоходів;
- електронне блокування диференціала.

Перераховані системи активної безпеки конструктивно пов'язані і тісно взаємодіють з гальмівною системою автомобіля і значно підвищують її ефективність. Ряд електронних систем може управляти величиною крутного моменту через систему управління двигуном.

Є також допоміжні системи активної безпеки (асистенти), призначені для допомоги водієві в важких з точки зору водіння ситуаціях. Крім своєчасного попередження водія про можливу небезпеку, електронні системи здійснюють і активне втручання в управління автомобілем, використовуючи при цьому гальмівну систему і рульове управління.

До допоміжних систем активної безпеки відносяться наступні електронні системи:

- паркувальна система;
- система кругового огляду;
- адаптивний круїз-контроль;
- система аварійного рульового управління;
- система допомоги руху по смузі;
- система допомоги при перестроюванні;
- система нічного бачення;
- система розпізнавання дорожніх знаків;
- система контролю втоми водія;
- система допомоги при спуску;
- система допомоги при підйомі.

Проміжне становище між активними і пасивними системами безпеки займають превентивні (попереджувальні) електронні системи безпеки. Превентивна система безпеки (інше найменування – система попередження зіткнення) покликана уникнути зіткнення, а якщо воно сталося – зменшити тяжкість

аварії.

Залежно від конструкції конкретної електронної системи в ній можуть бути реалізовані наступні функції:

- попередження водія про небезпеку зіткнення;
- підготовка гальмівної системи до екстреного гальмування;
- активація окремих пристроїв пасивної безпеки;
- часткове або повне автоматичне гальмування.

Для реалізації даних функцій в превентивних системах безпеки використовуються технології адаптивного круїз-контролю, системи динамічної стабілізації, системи пасивної безпеки. Ряд превентивних систем, що реалізують функцію автоматичного гальмування, носять назву систем екстреного гальмування. Таким чином, превентивна система безпеки – це ефективний симбіоз систем активної і пасивної безпеки. В даний час превентивні системи безпеки досить широко поширені і активно впроваджуються на легкові автомобілі.

Сукупність конструктивних елементів, що застосовуються для захисту пасажирів від травм при аварії, становить систему пасивної безпеки автомобіля. Система повинна забезпечувати захист не тільки пасажирів і конкретного автомобіля, а й інших учасників дорожнього руху. Найважливішими компонентами системи пасивної безпеки автомобіля є:

- ремені безпеки;
- натягувач ременів безпеки;
- активні підголовники;
- подушки безпеки;
- безпечна конструкція кузова;
- аварійний розмикач акумуляторної батареї;
- ряд інших пристроїв (система захисту при перекиданні на кабіолеті; дитячі системи безпеки – кріплення, крісла, ремені безпеки).

### **Питання для самоперевірки**

1. Що слід розуміти під терміном електронна система автомобіля?
2. Що таке мікропроцесорна система автомобіля?
3. Які основні чотири напрямки характерні для розвитку

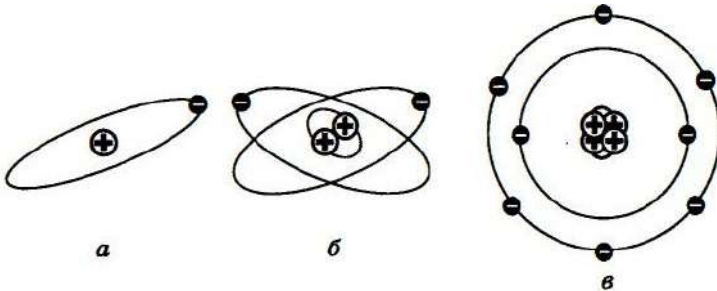
- сучасної автомобільної електроніки?
4. Розкажіть про того, хто винайшов свічку запалювання?
  5. В якому році Алессандро Вольта винайшов першу гальванічну батарею?
  6. Зробіть простий ескіз схеми магнето.
  7. Поясніть, чому були впроваджені автомобілі з «позитивною землею»?
  8. Поясніть, чому знову стали випускати автомобілі з «негативною землею»?
  9. Який автомобіль був вперше обладнаний стартером?
  10. Чарльз Ф. Кеттерінг грав істотну роль в розвитку автомобілебудування. Який був його головний внесок, і в якій компанії він працював в той час?
  11. Опишіть коротко, чому законодавство має значний вплив на розвиток автомобільних систем.
  12. Хто і коли винайшов перший свинцевий акумулятор?
  13. Хто і коли винайшов контактні переривники для системи з катушкою запалювання?

## 2 ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ

### 2.1 Сила струму

Всі тіла, що оточують нас, складаються з молекул. Молекули, в свою чергу, діляться на атоми. Кожен атом складається з ядра і електронів що обертаються навколо нього. Атоми різних хімічних елементів містять різну кількість електронів.

Ядро атомів складається з протонів і нейтронів, які пов'язані між собою і можуть бути розщеплені тільки при особливих умовах. Протони мають позитивний заряд електрики, а електрони – негативний.



а – водню, б – гелію, в – кисню

Рисунок 2.1 – Схематичний устрій атомів  
(орбіти електронів зображені в одній площині)

В системі СІ заряд вимірюється в кулонах (Кл). Величина елементарного заряду  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл. У 1785 р. Шарль Кулон експериментально встановив закон взаємодії двох точкових зарядів. Сила взаємодії двох точкових заряджених тіл прямо пропорційна добутку зарядів цих тіл і обернено пропорційна квадрату відстані між ними:

$$F_3 = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \quad (2.1)$$

де  $F_3$  – електрична сила, Н (ньютон);  
 $Q_1, Q_2$  – електричні заряди, Кл (кулон);

$r$  – відстань між зарядженими тілами;  
 $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ ф/м}$  (фарад / метр) – електрична постійна.

Формула записана для випадку взаємодії точкових тіл у вакуумі.

Електричне поле створюється зарядженими частинками і тілами і разом з тим діє на заряджені частинки і тіла з деякою силою. З огляду на це, зазначимо дві важливі обставини: кожне з двох взаємодіючих тіл (з зарядами  $Q_1$  і  $Q_2$ ) створює своє електричне поле, а в оточуючому просторі одне поле накладається на інше і утворюється загальне електричне поле (в даному випадку діє принцип накладення полів); силову взаємодію двох заряджених тіл слід розглядати як результат дії на кожне з них загального електричного поля, створеного цими тілами.

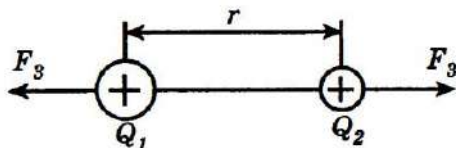


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії електричних зарядів

## 2.2 Напруга

Напруженість електричного поля по властивості і характеристиці залежить від форми зарядженого тіла, і розподіл його заряду – від взаємного розташування заряджених тіл (так як поле створюється групою тіл), від властивостей середовища, що оточує заряджені тіла, і інших чинників. Тому електричні поля, створені при різних умовах, відрізняються одне від одного.

Для того щоб оцінити можливості використання електричного поля і вести відповідні розрахунки, застосовуються силові і енергетичні характеристики електричного поля.

Нехай джерелом електричного поля є тіло із зарядом  $Q_1$ , а заряд  $Q_2$  дуже малий, що не змінить характеристик цього поля. Таким чином, заряд  $Q_2$  є пробним, за допомогою якого можна виявити силу  $F_3$  і досліджувати електричне поле. Силовою характеристикою електричного поля є напруженість

електричного поля.

Напруженість електричного поля – векторна величина, чисельно дорівнює відношенню сили, що діє на позитивно діючу частку, до її заряду:

$$E = F_3 / Q_2, \quad (2.2)$$

де  $E$  – напруженість електричного поля, В/м (Вольт/метр).

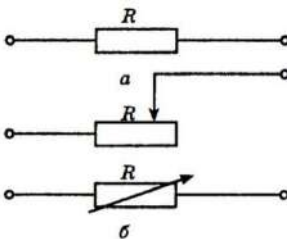
В системі СІ напруженість електричного поля вимірюється в вольтах на метр (В/м).

### 2.3 Опір

В атомах твердих провідників (металів) електрони слабо пов'язані з ядрами і тому легко залишають свої атоми, переміщаючись до інших. Ці електрони безладно рухаються всередині провідника і називаються вільними. Якщо на такий провідник впливає зовнішнє електричне поле, то рух вільних електронів стає спрямованим. **Переміщення електронів в провіднику в певному напрямку називається електричним струмом.** Електричний струм можливий тільки в замкнутому ланцюзі. Електричне коло ділиться на внутрішню і зовнішню.

**Внутрішній ланцюг** – частина ланцюга, що знаходиться всередині самого джерела.

**Зовнішній ланцюг** – ланцюг, що складається зі сполучних проводів і споживачів струму.



$a$  – резистора (опору),  $б$  – реостата

Рисунок 2.3 – Умовне позначення

Оскільки як зовнішній ланцюг, так і саме джерело енергії створюють перешкоду проходженню струму. **Протидія електричного ланцюга проходженню електричного струму називається опором.**

Електричний опір позначається буквою  $R$  (г) і на схемах зображується, як показано на рис. 2.3,  $a$ . Пристрої, що включаються в електричний ланцюг і володіють опором, називаються резисторами.

Одиницею вимірювання опору є Ом. Це електричний опір лінійного провідника, в якому при незмінній різниці потенціалів в 1 В проходить струм в 1 А, тобто  $1 \text{ Ом} = 1 \text{ В} / 1 \text{ А}$ .

При вимірюванні великих опорів використовують одиниці в тисячу і в мільйон разів більше Ома. Вони називаються кілооми (кОм) і мегаОми (МОм);

$$1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом}, \quad (2.3)$$

$$1 \text{ МОм} = 1\,000\,000 \text{ Ом}. \quad (2.4)$$

Опір провідника залежить від матеріалу, довжини і площі поперечного перерізу. Чим довший провідник і чим менше його перетин, тим опір більший.

Меншим опором володіють мідь, алюміній, великим – сталь і чавун. Опір провідника залежить також і від його температури, причому опір металевих провідників з підвищенням температури збільшується.

Регульовані опори називаються *реостатами*. Опір реостатів може змінюватися рівномірно або ступенями. На схемах реостати позначають так, як показано на рис. 2.3, б.

Здатність провідника пропускати електричний струм характеризується *провідністю*. Одиницею вимірювання провідності є *Сіменс* (1 Ом = См). Сила, під дією якої в ланцюзі виникає електричний струм, називається *електрорушійною силою (ЕРС)*. Співвідношення між ЕРС, опором і струмом виражається законом Ома.

У 1826 р. Георг Ом (1787-1854) експериментально встановив, що сила струму на ділянці ланцюга прямо пропорційна напрузі, що додається до кінців цієї ділянки, і обернено пропорційна його опору:

$$I = \frac{U}{R}, \quad (2.5)$$

де  $I$  – сила струму;

$U$  – напруга;

$R$  – опір.

## 2.4 Робота і потужність

Здатність тіла виробляти роботу називається енергією цього тіла. Енергія тіла тим більша, чим більшу роботу може виробити це тіло при своєму русі. Електрична енергія, або робота, є добуток напруги, струму в ланцюзі і часу його проходження:

$$A = UI t, \quad (2.6)$$

де  $A$  – робота;  $U$  – напруга;  $t$  – час.

Швидкість здійснення роботи характеризується потужністю.

**Електрична потужність** – це робота, що здійснюється струмом за одиницю часу (в 1 с).

$$P = \frac{A}{t} = UI, \quad (2.7)$$

де  $P$  – потужність;

$A$  – робота;

$t$  – час.

За одиницю потужності струму беруть ват (Вт). Один ват – це потужність, при якій за 1 с відбувається робота в 1 Дж (1 Вт = 1 Дж/с). Для вимірювання малих потужностей застосовують одиницю в тисячу разів меншу одного вата, звану міліват (мВт); 1 Вт = 1 000 мВт, а для вираження великих потужностей застосовують одиницю в тисячу разів більшу вата, звану кіловатом (кВт); 1 кВт = 1 000 Вт.

Електричний струм, проходячи по провіднику, зустрічає опір, на подолання якого витрачається частина електроенергії. Ця енергія перетворюється в теплову енергію. Енергія не зникає, а переходить з однієї форми в іншу.

Для оцінки властивостей перетворення енергії служить коефіцієнт корисної дії ККД, рівний відношенню корисної потужності джерела енергії  $P_2$  до потужності споживаної ним  $P_1$ , тобто:

$$\eta = P_2/P_1 = P_2/(P_2 + \Delta P), \quad (2.8)$$

де  $\Delta P$  – потужність, що витрачається на подолання втрат у джерелі або приймачі енергії.

Цей вислів показує, що ККД джерела або приймача електричної енергії тим вищий, чим менші втрати енергії в ньому.

## 2.5 Електромагнітна індукція

Тіла, які здатні притягувати сталь, її сплави і деякі інші метали, називаються магнітами. Кожен магніт має два полюси (північний і південний). Між полюсами магнітів існує взаємодія: однойменні полюси відштовхуються, а різнойменні – притягуються. Відбувається це тому, що в магнітах є магнітні сили.

Простір, в якому проявляється дія магнітних сил, називають магнітним полем, а лінії, в напрямку яких діють магнітні сили, – магнітними силовими лініями.

Будь-яка магнітна лінія не має ні кінця, ні початку і являє собою замкнуту криву, так як північний і південний полюси магніту невіддільні один від іншого.

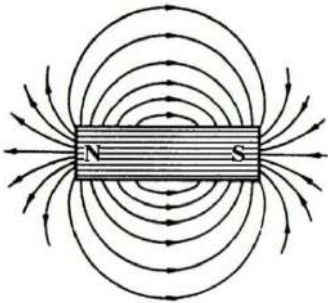
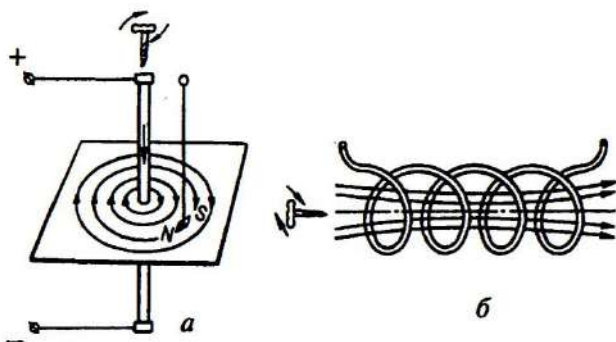


Рисунок 2.4 – Магнітне поле постійного магніту

Якщо по провіднику пропустити електричний струм, то навколо провідника виникне магнітне поле, магнітні силові лінії якого розподіляються у вигляді концентричних кіл.

Якщо провідник зі струмом згорнути у вигляді спіралі, то магнітні силові лінії будуть складатися і утворюють сумарний магнітне поле. Такий спіральний провідник називається соленоїдом (рис. 2.5, б).

Якщо всередину соленоїда помістити залізний стрижень, то магнітне поле значно посилиться. Соленоїд, усередині якого поміщений залізний стрижень, називається електромагнітом.



а – прямого провідника зі струмом, б – соленоїда

Рисунок 2.5 – Магнітне поле

Залізний стрижень, поміщений усередині соленоїда, називається серцевиною, а витки соленоїда – обмоткою електромагніту. Величина магнітного поля електромагніту залежить від величини струму: чим більша величина струму в обмотці електромагніту, тим сильніше його магнітне поле. При зміні напрямку струму в обмотці змінюється спрямованість магнітного поля електромагніту, а отже, і його полярність.

Залежно від напрямку струму в провіднику, напрямок магнітних ліній утвореного ім магнітного поля визначається **правилом свердлика**: якщо поступальний рух свердлика збігається з напрямком струму в провіднику, то обертальний рух його рукоятки вказує напрямок магнітних ліній поля, що утворюється навколо цього провідника.

Якщо провідник помістити в магнітне поле і переміщати так, щоб він перетинав магнітні силові лінії, то в цьому провіднику наводиться ЕРС, а в разі замкненого кола з'явиться електричний струм. Це явище називається електромагнітною індукцією, а індукована електрорушійна сила – ЕРС індукції (рис. 2.6).

ЕРС наводиться не тільки при переміщенні провідника в магнітному полі, а й у тому випадку, коли провідник залишається нерухомим, а магнітне поле близько провідника або близько котушки змінюється, тобто з'являється, зникає або змінює свою величину.

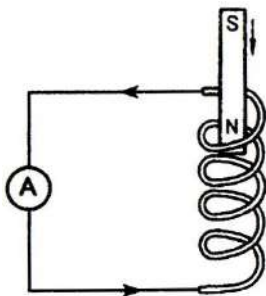


Рисунок 2.6 – Схема виникнення індукційного струму

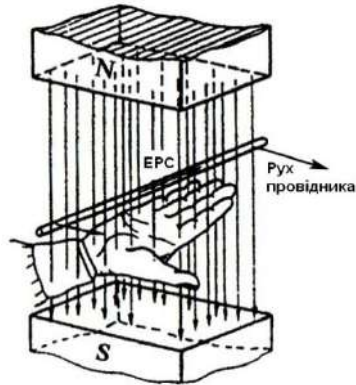


Рисунок 2.7 – Правило правої руки

Величина індукованої ЕРС залежить від кількості магнітних силових ліній (густоти магнітного потоку), довжини провідника і швидкості його руху в магнітному полі: чим більша активна довжина провідника і швидкість його руху, тим більша ЕРС. Інакше кажучи, індукована ЕРС тим більша, чим більша кількість магнітних силових ліній перетинає провідник в одиницю часу.

**Напрямок індукваного струму** залежить від напрямку магнітного потоку і визначається **за правилом правої руки** (рис. 2.7), яке формулюється так: якщо праву руку розташувати долонею до північного полюса так, щоб великий відігнутий палець показував напрямок руху провідника, то чотири пальці будуть вказувати напрямок ЕРС індукції.

Напрямок ЕРС індукції в нерухомому замкненому провіднику, контур якого пронизується змінюваним магнітним потоком, можна визначити, застосувавши **правило Максвелла**: якщо замкнутий контур провідника пронизується зменшуваним магнітним потоком, то ЕРС індукції спрямована в ту сторону, в яку доводиться обертати рукоятку гвинта, закручуваного поступально за напрямком магнітних ліній.

Якщо магнітний потік провідника збільшується, то напрямок ЕРС індукції зворотний напрямку обертання рукоятки свердлика,

закручуваного у напрямку магнітних полів.

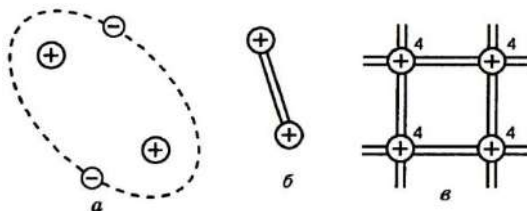
Напрямок індукційного струму і ЕРС індукції визначають за **правилом Ленца**: ЕРС індукції має завжди такий напрямок, що створений нею індукційний струм перешкоджає причині, що її викликає.

Явище електромагнітної індукції покладено в основу дії генераторів, котушок запалювання та інших приладів.

## 2.6 Провідники, ізолятори і напівпровідники

Матеріали, які містять велику кількість вільних носіїв заряду, називаються провідниками. Провідниками є всі метали, розчини електролітів, розплави багатьох речовин та іонізовані гази. Серед металів високу провідність мають: срібло, мідь, золото, алюміній.

Ізолятори (діелектрики) – це речовини, які не мають вільних електронів. У них електрони перебувають на своїх орбітах поблизу ядра і не залишають його навіть при впливі електричного поля. Ізоляторами є скло, ебоніт, пластмаси, слюда, фарфор, гума, різні смоли, лаки, тощо.



а – парно-електронна (ковалентний) зв’язок атомів,  
б – її схематичне зображення, в – зв’язки  
в кристалічній решітці германію

Рисунок 2.8 – Кристалічні ґрати  
напівпровідника

Напівпровідниками називаються матеріали, що займають проміжне положення між провідниками і діелектриками. Особливістю металевих провідників є наявність вільних електронів, які є носіями електричних зарядів. У діелектриках вільних електронів немає, і тому вони не проводять струм.

Характерною властивістю напівпровідників, який вирізняє їх від провідників і непровідників струму, є те, що вони мають не

тільки електронну, а й «діркову» провідності, які залежать від температури, освітленості, стиснення, електричного поля та інших факторів. До напівпровідників, що знайшли практичне застосування в техніці, відносяться германій, кремній, селен, закис міді і деякі інші речовини.

У напівпровідниках хімічний зв'язок двох сусідніх атомів з утворенням на орбіті загальної пари електронів називають ковалентним або парноелектронним.

Електропровідність, обумовлена переміщенням вільних електронів, називається електронною провідністю, або *n*-провідністю.

При появі вільних електронів в ковалентних зв'язках утворюється вільне місце – «електронна дірка». Так як дірка виникла в місці відриву електрона від атома, в області її утворення виникає надлишковий позитивний заряд. При наявності дірки будь-який електрон може зайняти місце дірки, і ковалентний зв'язок в цьому місці відновиться, але буде порушена в тому місці, звідки пішов електрон. Нову дірку може зайняти ще який-небудь електрон (рис. 2.9).

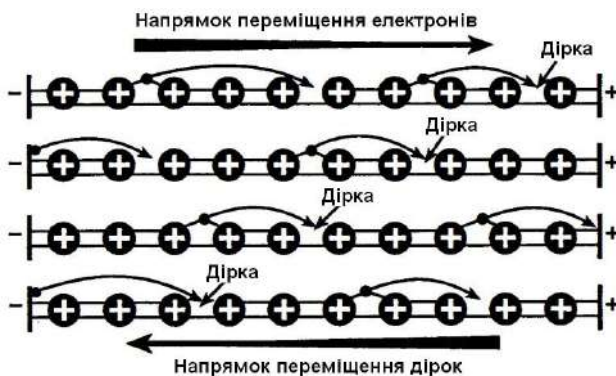


Рисунок 2.9 – Схема руху електронів та дірок в напівпровідниках

Переміщення дірок подібно переміщенню позитивних зарядів, називається дірковою провідністю, або *p*-провідністю. Таким чином, при дірковій провідності велике число електронів по черзі заміщають один одного в ковалентних зв'язках.

## 2.7 Постійний і змінний електричний струм

Електричний струм, який тече в одному напрямку, називається постійним струмом. Електричний струм можливий тільки в замкнутому ланцюзі. Електричний ланцюг постійного струму містить джерело електричної енергії  $E$ , приймач енергії  $\Pi$  і два дроти.

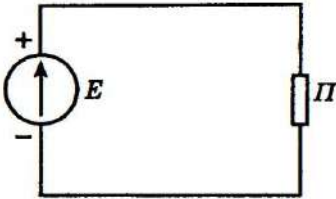


Рисунок 2.10 – Найпростіший електричний ланцюг

Дроти підключаються до джерела електричної енергії, до позитивних (+) та негативних (-) полюсів.

В електротехніці прийнято вважати напрямок струму від позитивного до негативного полюса, тобто від плюса до мінуса (рис. 2.10). Джерело електричної енергії перетворює механічну, хімічну, теплову або іншого виду енергію в електричну.

Приймач електричної енергії перетворюється в механічну, хімічну, теплову, світлову та ін. види енергії. В якості джерел електричної енергії служать генератори, акумулятори та гальванічні елементи.

Приймачами електричної енергії є електричні двигуни, освітлювальні лампи, електрообігрівальні прилади, тощо. З'єднання споживачів струму може бути послідовним, паралельним і змішаним.

При послідовному з'єднанні загальний опір ланцюга дорівнює сумі опорів всіх споживачів. Напруга на затискачах ланцюга дорівнює сумі напруг на окремих його ділянках. Величина струму в такому ланцюзі однакова у всіх його ділянках (рис. 2.11).

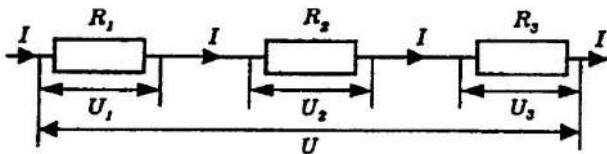


Рисунок 2.11 – Послідовне з'єднання

Недоліком послідовного з'єднання є те, що при виході з ладу будь-якого споживача або при його виключенні дія інших споживачів припиняється.

При паралельному з'єднанні струм розгалужується, проходячи одночасно по всім споживачам; всі споживачі знаходяться під однаковою напругою, а загальний опір ланцюга менший за опір будь-якого зі складових його опорів. Чим більше споживачів з'єднані між собою паралельно, тим менше загальний опір ланцюга (рис. 2.12).

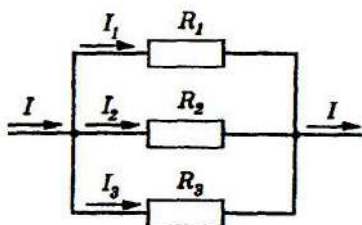


Рисунок 2.12 – Паралельне з'єднання

При паралельному з'єднанні кожен споживач включений на повну напругу джерела струму незалежно від їх числа, і при виході з ладу одного споживача інші не припиняють своєї дії. Саме тому паралельне з'єднання широко використовується в електрообладнанні автомобіля.

Змішане з'єднання споживачів струму являє собою поєднання послідовного і паралельного з'єднань. Одиницею вимірювання величини струму служить Ампер (А). При струмі в 1 А через повний переріз провідника за 1 с проходить заряд 1 Кл. Поряд з Ампером застосовують більш дрібні одиниці сили струму: 1 міліампер (мА) = 0,001 А, 1 мікроампер (мкА) = 0,000 001 А чи 0,001 мА. Отже, 1 А дорівнює 1000 мА або 1 000 000 мкА.

Сила, під дією якої виникає електричний струм, називається електрорушійною силою (ЕРС). Та частина ЕРС, яка витрачається джерелом на зовнішньому ланцюзі, називається напругою.

Одиницею вимірювання ЕРС і напруги служить вольт (В). Прилад для вимірювання напруги називається вольтметром, поєднуючи його з зажимами джерела струму або під'єднуючи його паралельно тій ділянці ланцюга, напругу якого потрібно виміряти.

Електричний струм, напрямок і величина якого безперервно змінюється, тобто струм який періодично, через рівні проміжки часу змінюється як за значенням, так і за напрямком, називається

змінним.

Змінний струм відрізняється від постійного тим, що він легко піддається перетворенню. Змінний струм має здатність трансформуватися, тобто за допомогою спеціального пристрою – трансформатора – можна підвищити напругу змінного струму або, навпаки, знизити його. Змінний струм можна випрямити – перетворити в постійний струм. Крім того, двигуни змінного струму відрізняються простотою устрою і малими габаритами.

## 2.8 Електроємність. Конденсатори

Провідники, що володіють електричним зарядом, є джерелами електричного поля. При зміні заряду провідника відбувається робота, тому й енергетична характеристика провідника (потенціал) відповідно змінюється. Здатність провідника накопичувати електричний заряд залежить від форми і розмірів його поверхні, відстані між провідниками, від властивостей середовища, в яку провідники поміщені. Для вираження цієї залежності введено поняття електричної ємності.

*Електрична ємність провідника* – величина, що характеризує здатність провідника накопичувати електричний заряд, чисельно рівна відношенню заряду провідника до його потенціалу:

$$C = Q/V, \quad (2.9)$$

де  $C$  – електрична ємність,  $\Phi$  (фарад).

В системі СІ одиницею електричної ємності є Фарада (скорочено  $\Phi$ ), названа на честь англійського фізика М. Фарадея. Однак 1  $\Phi$  – це дуже велика ємність. Земна куля, наприклад, володіє ємністю менше 1  $\Phi$ . Тому в електротехніці користуються одиницею ємності, що дорівнює мільйонній частки Фаради, яку називають мікрофарада (скорочено мк $\Phi$ ). В одній Фараді 1 000 000 мк $\Phi$ , тобто 1 мк $\Phi$  = 0,000 001  $\Phi$ , наноФарада 1 н $\Phi$  = 0,000 000 001  $\Phi$ , пікоФарада 1 п $\Phi$  = 0,000 000 000 001  $\Phi$ .

### *Конденсатори.*

В електротехніці, радіотехніці, електроніці широко застосовують пристрої з електричною ємністю, спеціально

побудовані і призначені для створення електричного поля і зберігання його енергії.

Елемент електричного ланцюга, призначений для використання його електричної ємності, називається електричним конденсатором. Електричний конденсатор має два провідника (їх іноді називають обкладками), які розділені діелектриком, за формою провідників розрізняють конденсатори плоскі, циліндричні (рис. 2.13).

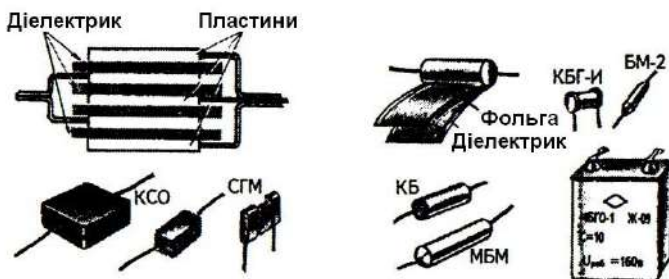


Рисунок 2.13 – Плоскі і циліндричні конденсатори

Ємність конденсатора залежить від його розмірів, форми і діелектричної проникності  $\epsilon$  діелектрика. Для визначення ємності плоского конденсатора скористаємося формулою:

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}, \quad (2.10)$$

де  $S$  – площа однієї обкладки,  
 $d$  – відстань між обкладками конденсатора.

У практиці іноді необхідно з'єднувати конденсатори в батареї, для чого застосовують схеми послідовного та паралельного з'єднань (рис. 2.14). При необхідності збільшити ємність, конденсатори з'єднують між собою паралельно. Загальна ємність конденсаторів дорівнюватиме сумі ємностей всіх з'єднаних конденсаторів, тобто:

$$C_{\text{общ.}} = C_1 + C_2 + C_3. \quad (2.11)$$

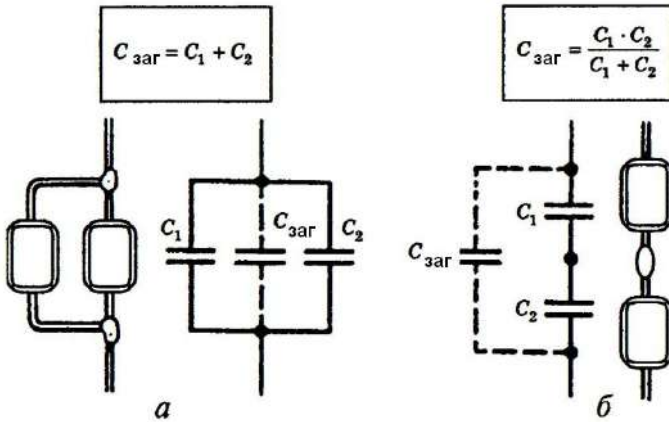


Рисунок 2.14 – Паралельне (а) і послідовне (б) з’єднання конденсаторів

При необхідності зменшити ємність конденсатори з’єднують послідовно. Загальна ємність конденсаторів завжди менше найменшої ємності, включеної в ланцюжок. Вона підраховується за формулою:

$$C_{\text{общ.}} = C_1 \cdot C_2 / (C_1 + C_2). \quad (2.12)$$

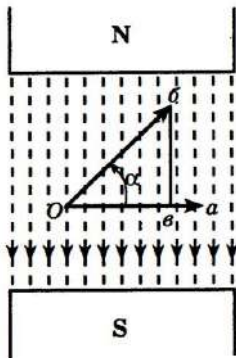


Рисунок 2.15 – Схема переміщення провідника під кутом до напрямку магнітних ліній

Діелектрики, що застосовуються для виготовлення конденсаторів, в більшості випадків мають постійну величину діелектричної проникності, незалежну від напруженості електричного поля. Тому конденсатори мають постійну величину ємності. По виду використовуваного діелектрика конденсатори називають відповідно керамічними, слюдяними, паперовими.

**Однофазний і трифазний струм.** В даний час для отримання,

передачі та розподілу електричної енергії застосовують, в основному, пристрої змінного струму: генератори, трансформатори, лінії електропередач, розподільні електромережі. Більшість електроприймачів працює на змінному струмі. У практиці, кажучи про змінний струм, мають на увазі синусоїдальний струм, який є синусоїдальною функцією часу.

Змінний синусоїдальний струм виникає в ланцюзі під дією електрорушійної сили. ЕРС індукції в прямолінійному провіднику, що перетинає магнітні лінії (рис. 2.15), виражається формулою:

$$e = Blv \sin \alpha, \quad (2.13)$$

де  $B$  – магнітна індукція;  
 $l$  – довжина провідника;  
 $v$  – швидкість.

Значення змінної ЕРС (а також струму і напруги) в даний момент часу називається миттєвим значенням. Величину  $\omega t$ , що стоїть під знаком синуса або косинуса, називають фазою коливань:

$$\omega t = \frac{2\pi}{T} = 2\pi ft, \quad (2.14)$$

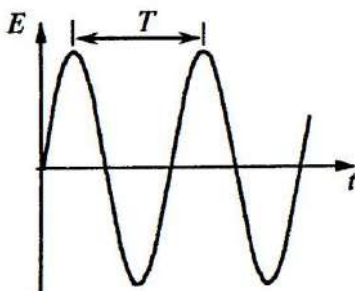


Рисунок 2.16 – Схема періоду коливань

Фаза визначає значення ЕРС в будь-який момент часу  $t$ . Фаза вимірюється в градусах або радіанах. Проміжок часу, необхідний для здійснення змінної ЕРС повного циклу своїх змін, називається періодом коливань, або періодом.

Період позначається  $T$  і виражається в секундах (рис. 2.16). Число періодів в одну секунду або величина, зворотна

періоду, називається частотою коливань або, скорочено, частотою. Частота позначається  $f=1/T$  виражається в (Гц).

У більшості країн промислова частота змінного струму становить 50 Гц. Параметрами електричних ланцюгів змінного струму є активний опір  $R$ , індуктивність  $L$  і ємність  $C$ . Таким чином, схема електричного ланцюга змінного струму характеризується одним з параметрів ( $R, L, C$ ) або комбінацією їх при різних способах з'єднання елементів.

## 2.9 Потужність змінного струму

Як відомо, потужність постійного струму визначається добутком напруги і струму. При змінному струмі як напруга, так і струм періодично змінюються в часі. Отже, в будь-який момент часу потужність, яка дорівнює добутку миттєвих значень напруги і струму ( $p = ui$ ), є також змінною величиною.

При активному навантаженні, коли зсув фаз між напругою і струмом відсутній ( $\varphi = 0$  або  $\cos \varphi = 1$ ), потужність являє собою добуток діючих значень напруги і струму і виражається у ватах (або кіловатах, мегаватах і т.д.), тобто  $P=UI$ .

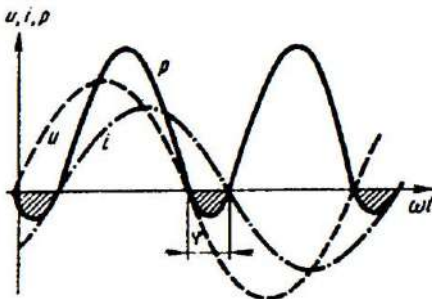


Рисунок 2.17 – Графік миттєвих значень напруги, струму і потужності

У ланцюзі, що містить активний опір та індуктивність, струм відстає по фазі від напруги на кут  $\varphi$  (рис. 2.17) і миттєве значення потужності виявляється як позитивним, так і негативним, тобто навантаження споживає енергію в одну частину періоду і повертає її в мережу в іншу частину.

Потужність змінного струму можна представити у вигляді активної і реактивної потужностей. активна потужність споживається активним опором, де відбувається процес перетворення енергії електричної в енергію іншого виду (механічну, світлову, теплову і т.д.).

Активна потужність  $P=I^2R$ . Маючи на увазі, що  $U_a=UI\cos\varphi$ ,

отримаємо  $P=UI\cos\varphi$ , де  $U$  і  $I$  – діючі значення напруги і струму;  $U_a$  – падіння напруги на активному опорі.

Реактивна потужність накопичується індуктивністю при зростанні струму в ланцюзі у вигляді магнітного поля індуктивної котушки. При зменшенні струму в ланцюзі енергія, накопичена в магнітному полі, перетворюється в електричну і повертається джерелу енергії.

Добуток діючих значень  $U$ ,  $I \sin\varphi$  називають реактивною потужністю:

$$Q = UI\sin\varphi = U_L I = I^2 X_L. \quad (2.15)$$

Вона виражається в вольт-амперах (або кіловольт-амперах) реактивних (вар або квар). Реактивна потужність не споживається приймачем енергії і не бере участі в процесі перетворення електричної енергії в енергію іншого виду.

Ця потужність циркулює між джерелом і приймачем енергії, навантажуючи дроти їх обмоток і ліній, що з'єднують приймач енергії з джерелом, а також збільшуючи втрати енергії в них.

Добуток діючих значень напруги і струму називається повною потужністю  $S$ , яка виражається в вольт-амперах або кіловат-амперах (В·А або кВ·А), тобто:

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}. \quad (2.16)$$

Габарити електричних апаратів та машин визначаються повною потужністю, так як перетину обмоточних проводів залежать від струму, що протікає через них, а ізоляція струмопровідних частин – від напруги, під якою вони перебувають.

Відношення активної потужності до повної  $P/S = \cos\varphi$  показує, яка частка повної потужності споживається ланцюгом, і називається коефіцієнтом потужності, рівним косинусу кута зрушення фаз між напругою і струмом.

При активному навантаженні  $\cos\varphi=1$  та  $S=P$ , тобто електричний апарат або машина має найбільшу активну потужність.

## 2.10 Трифазний струм

Вище розглянуті властивості однофазного змінного струму. Однак однофазна система неекономічна внаслідок недосконалості однофазних електричних машин. Так, наприклад, при однакових габаритах, масі активних матеріалів (сталі і міді) і втраті енергії, потужність однофазної машини в 1,5 рази менше потужності трифазної машини. Тому для електрифікації використовується трифазна система змінного струму.

Трифазною системою змінного струму, або просто трифазною системою – називається ланцюг або мережа змінного струму, в якому діють три ЕРС однакової частоти, але взаємно зміщені по фазі на третину періоду. Окремі ланцюги, складові трифазної системи, називаються фазами.

Якщо ЕРС у всіх трьох фазах мають однакову амплітуду і зрушені по фазі на однаковий кут, то така трифазна система називається симетричною.

Вперше в світі передача трифазного струму була здійснена російським вченим М.О. Доліво-Добровольським в 1891 р.

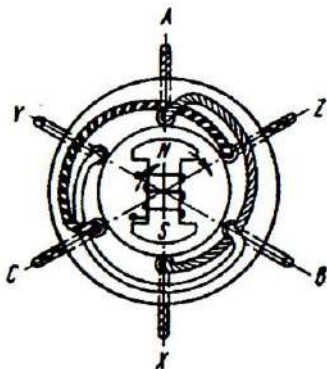


Рисунок 2.18 – Схема устрою трифазного генератора

На рис. 2.18 показана схема пристрою найпростішого двополюсного трифазного генератора. У пазах статора (нерухома частина машини) розташовані котушки  $A-X$ ,  $B-Y$  і  $C-Z$ , зсунуті в просторі на одну третину кола ( $120^\circ$ ).

У середині статора розміщений ротор (обертальна частина машини), що представляє собою двополюсний електромагніт, що живиться постійним струмом, збуджує магнітне поле.

Ротор приводиться в обертання будь-яким двигуном. Магнітні лінії обертаючись разом з ротором, перетинають провідники котушок, закладених в пазах статора, і індукують в цих котушках ЕРС, що змінюються синусоїдально. Однак синусоїди ЕРС фаз  $e_A$ ,  $e_B$ ,  $e_C$ , будуть зрушені одна по відношенню

до іншої на  $1/3$  періоду.

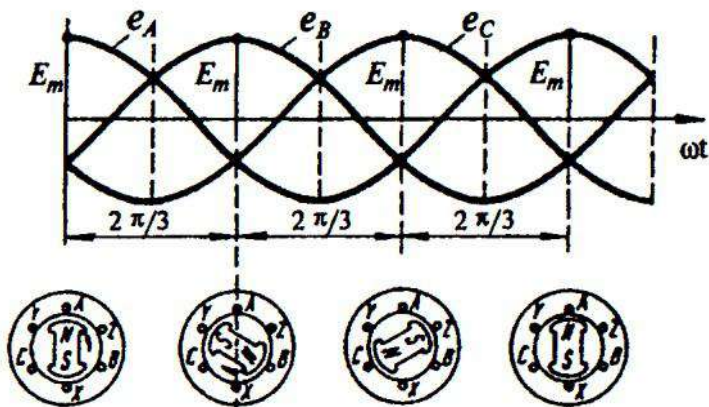


Рисунок 2.19 – Криві зміни ЕРС в трифазній обмотці генератора

Нехай позитивний максимум ЕРС  $E_m$  в котушці  $A-X$  настає в момент, коли сторона  $A$  виявиться проти центру північного полюса, а сторона  $X$  – проти центру південного полюса. Позитивний максимум ЕРС  $E_m$  в котушці  $B-Y$  настане в той момент, коли центр північного полюса опиниться під провідником  $B$ . Для цього ротор повинен повернутися на  $1/3$  окружності ( $120^\circ$ ), що відповідає проміжку часу, рівному  $1/3$  періоду. Позитивний максимум ЕРС  $E_m$  в котушці  $C-Z$  настане через  $1/3$  періоду після такого ж максимуму в котушці  $B-Y$ , що відповідає подальшому повороту ротора на  $1/3$  окружності.

На рис. 2.19 показані криві зміни ЕРС в котушках  $A-X$ ,  $B-Y$ ,  $C-Z$  і положення ротора, відповідні позитивному максимуму ЕРС  $E_m$  в цих котушках. При навантаженні генератора на затискачах котушок  $A-X$ ,  $B-Y$ ,  $C-Z$  встановлюються напруги, звані фазними. Якщо навантаження відсутнє (холостий хід), фазні напруги дорівнюють ЕРС, індукованим в котушках статора.

## 2.11 Електричні вимірювання

При експлуатації електричних установок доводиться вимірювати ряд фізичних величин: струм, напругу, опір, потужність, частоту і витрати електричної енергії. Для цього

застосовують різні прилади електровимірювань. Виміром називають операцію для визначення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою вимірювальних приладів.

Вимірювальні прилади розрізняють за призначенням, згідно роду вимірюваного струму, принципу дії, класу точності, форми корпусу, положенню при вимірах і характером застосування. Електровимірювальні прилади поділяються на амперметри, вольтметри, омметри, ватметри, частотометри та ін.

Вимірювальні прилади можна застосовувати в ланцюгах змінного і постійного струму. Існує кілька систем приладів: електромагнітні, магнітоелектричні, електродинамічні, тощо.

Щоб дізнатися систему даного приладу, досить поглянути на умовний знак на шкалі, де значками і цифрами вказують наступні дані: рід струму, для якого призначений прилад, система приладу, напруга ізоляції, положення при вимірах, клас точності, рік випуску, номер приладу і його приналежність до експлуатаційної групи.

В принципі, не обов'язково все знати про устрій електровимірювальних приладів, для того, щоб вміти ними користуватися. Основні ж правила прості. Амперметр вимірює силу струму, що тече по ланцюгу. Його під'єднують так, щоб цей же струм протікав і через прилад, тобто послідовно з навантаженням, як показано на рис. 2.20.

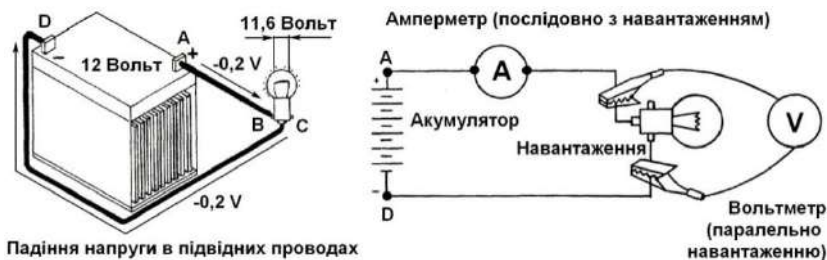


Рисунок 2.20 – Підключення амперметра і вольтметра

Амперметр сконструйований так, щоб його внутрішній опір був по можливості мінімальним. Тому, якщо його помилково включити не послідовно, а паралельно навантаженню, наслідки

можуть бути руйнівними. Через малий внутрішній опір через амперметр потече великий струм, який може спалити прилад, а також оплавити ізоляцію підведених проводів.

Вольтметр, на відміну від амперметра, навпаки, конструюється так, щоб його внутрішній опір був по можливості високим. Тому його важко спалити необережним підключенням.

Вольтметр вимірює напругу (різницю потенціалів) на кінцях елемента ланцюга і його треба підключати паралельно цьому елементу. Наприклад, якщо в схемі на рис. 2.20 вольтметр включити між точками А і D, він покаже напругу акумулятора, між точками В і С – напругу на лампочці, між А і D або між D і С – падіння напруги на проводах.

Іноді прилад забезпечений перемикачем, щоб отримати різні діапазони вимірювання. В цьому випадку слід вибрати такий вимірювальний діапазон, щоб стрілка приладу відхилилася якнайдалі за шкалою (але не зашкалювала). При малих відхиленнях стрілки, порівнянних з товщиною самої стрілки, важко розраховувати на досить високу точність вимірювання.

Будь-які прилади мають похибку вимірювання. Звичайно чим дешевше прилад, тим меншу точність він має. Дуже дешеві прилади взагалі не варто вважати вимірювальними – ними можна користуватися лише як індикаторами.

Дуже корисні в роботі багатофункціональні прилади (мультиметри або тестери). Однак при їхньому використанні треба бути дуже обережним у виборі режимів і діапазону роботи і ні в якому разі не перемикаєти режим вимірювання, коли прилад приєднаний до ланцюга.

Це пов'язано з тим, що при обертанні перемикача діапазонів в пошуках потрібного діапазону вимірювання напруги, Ви випадково можете увійти в режим амперметра і це буде означати кінець Вашого приладу.

Більшість приладів мають в якості чутливого елемента дротяну котушку, що знаходиться в полі постійного магніту (прилади магнітоелектричної системи). Такі прилади розраховані на вимірювання тільки в ланцюгах постійного струму.

Магнітоелектричні прилади можна пристосувати і для вимірювань в ланцюгах змінного струму введенням в його склад випрямляча.

## Питання для самоперевірки

1. З яких частинок складається атом?
2. Сформулюйте закон Кулона.
3. Що таке напруженість електричного поля?
4. Що таке електричний струм?
5. Яка причина електричного опору?
6. В яких одиницях вимірюється опір?
7. Від чого залежить опір провідника?
8. Сформулюйте закон Ома.
9. Що таке магнетизм?
10. Поясніть правило гвинта.
11. Що називається магнітною індукцією?
12. Поясніть правило правої руки.
13. Що таке провідник і напівпровідник?
14. Чому одні матеріали є провідниками, а інші – ізоляторами?
15. Що таке постійний електричний струм?
16. В яких одиницях вимірюється електричний струм?
17. Як розподіляються струми в паралельно з'єднаних провідниках?
18. Чому дорівнює ємність провідника?
19. В яких одиницях вимірюється ємність?
20. Розкажіть про устрій конденсатор?
21. За якою формулою обчислюється ємність плоского конденсатора?
22. Як треба з'єднати конденсатори, щоб їх загальна ємність збільшилася? Зменшилася?
23. Як обчислити загальну ємність конденсаторів при паралельному з'єднанні і послідовному з'єднанні?
24. Що таке миттєве значення ЕРС, струму і напруги?
25. Що називається фазою?
26. Що таке частота?
27. Який зв'язок між періодом і частотою?
28. Дайте визначення трифазної системи змінного струму.
29. Яке з'єднання називається зіркою?
30. Яке з'єднання називається трикутником?
31. Які способи вимірювання потужності трифазної системи ви знаєте?

32. Перерахуйте системи і класи точності вимірювальних приладів.
33. Яка роль коректора і заспокоювача у вимірювальних приладах?
34. Поясніть устрій і принцип дії вимірювальних приладів.

## **3 СИСТЕМИ ОБМІНУ ДАНИМИ В АВТОМОБІЛІ**

### **3.1 Необхідність шинних систем**

Вимоги до безпеки руху, рівню комфорту при їзді, токсичності відпрацьованих газів (ВГ) і витраті палива постійно зростають. У зв'язку із цим збільшується необхідність усе більш інтенсивного обміну інформацією між блоками управління (БУ) автомобіля.

Протягом тривалого часу в системах автомобілів між різними електричними компонентами використовувалося тільки пряме, аналогове з'єднання. Сигнал, у цьому випадку – напруга, була спрямована у БУ й безпосередньо їм сприймалася. Таким чином, датчик і приймач сигналів були ланками однієї електронної схеми.

З метою зменшення схильності до перешкод і усунення проблем при обробці сигналів була впроваджена широтно-імпульсна модуляція.

**Широтно-імпульсна модуляція** – це передача параметрів у якості триваючого певний час сигнального імпульсу в заданих інтервалах, що постійно повторюються, у часі. Таким чином уникають зміни сигналу внаслідок опору й перешкод.

Значення сигналу при цьому кодується в якості моменту перемикання протягом певного інтервалу часу, що постійно повторюється. Електричний провід, приєднаний до БУ, тепер вже не повинен передавати точні характеристики сигналу, а тільки включатися й вимикатися. Чим довше він перебуває під напругою, тем вище стає значення, що передається.

Особливістю сучасної техніки є цифрова, бінарна передача сигналу. Аналого-цифровий перетворювач перетворює значення сигналу в цифровий код. Точність перетворення при цьому залежить від кількості використаних двійкових розрядів, так званих бітів. Електричний провід, приєднаний до БУ, включається й вимикається в більш швидкій послідовності, щоб передати цифровий код. Цей код можна тепер легко зберегти й передавати на інші БУ автомобіля.

Кодовані цифрові сигнали можуть легко й без втрат

передаватися на інші БУ. При цьому БУ не потрібно з'єднувати між собою.

Замість цього використовується принцип, уже довгий час застосовуваний у розподільних щитах. Струмоведача шина, що перебуває в них, постачає електричні компоненти необхідною напругою. Електричні компоненти, образно говорячи, просто «насаджуються» на шину, як, наприклад, пасажирів автобуса розсідаються по вільних місцях.

Така струмоведача шина може використовуватися також і для розподілу цифрової інформації. З'єднання це позначається терміном «Bus», від англійського «Bus-Bar» – «струмоведача шина».

Загалом, «Bus» є системою проводки з відповідними елементами керування. Вона служить для обміну даними між електронними компонентами.

Донедавна в системах керування кожна інформація передавалася по своєму власному проводу. Тим самим з кожної додатковою інформацією зростало число проводів і кількість контактів на розніманнях БУ. Тому подібний тип передачі інформації виправдовує себе тільки у випадку обмеженого обсягу переданих даних.

Для вирішення завдання обміну великим обсягом інформації було необхідне оптимальне технічне рішення, при якому електронна й електрична системи залишалися б зручними для візуального спостереження й, разом, з тим не займали занадто багато місця.

Сучасні автомобілі мають дуже складну мережну структуру, що забезпечує передачу даних між різними БУ.

### **3.2 Мережна структура транспортного засобу**

У цей час під терміном «мережна структура транспортного засобу» маються на увазі не тільки різні системи проводів або шинної проводки, але й самі БУ, а також правила комунікації й необхідне програмне забезпечення.

Швидкість передачі даних має певні границі. Насамперед, досконалий сигнал прямокутної форми можливий тільки теоретично. На практиці, через такі ефекти, як інерція, самоіндукція й електромагнітне випромінювання, ми одержуємо

скоріше трапецієподібне протікання сигналу.

Відстань між передавачем і приймачем відіграє велику роль. Тому що опір провідника збільшується з його довжиною, сила сигналу поступово зменшується.

Крім того, сигнал змінюється через електромагнітне випромінювання. Для забезпечення якості сигналу була б необхідна висока напруга. Це збільшило б, у свою чергу, споживання потужності, а також випромінювання. Крім того, збільшення напруги призвело б до зменшення швидкості у зв'язку з інерцією.

Для інтерпретації сигналу прийомопередавач з функцією приймання даних орієнтується на певну граничну напругу. Якщо сигнал у момент прийому перевищує або не досягає відповідної граничної напруги, то він визначається як 0 або 1.

### **3.3 Конфігурація мережних структур**

Якщо шина виконана як однопровідна лінія, то, незважаючи на те, що вона дешева й проста, швидкість передачі даних у ній обмежена. Тому що сигнал вимірюється стосовно маси транспортного засобу, він відносно сильно підданий впливу перешкод. Необхідна висока потужність для передачі цього сигналу.

На дворовідних лініях сигнал передається як різниця напруг між обома проводами. Завдяки цьому відбувається сильне демпфірування перешкод. Таким чином, напруга зменшується, а швидкість передачі даних збільшується. Але з іншого боку, двопровідні лінії дорожчі й складніші.

Світловоди несприйнятливі до електромагнітних ефектів. Тому можливі гранично високі швидкості передачі даних. Однак світло може надходити й виходити тільки на площинах перетину проводу. Якщо з однієї сторони проводу перебуває джерело світла для посилення сигналу, то з іншої сторони повинен перебувати світлочутливий елемент із функцією приймання сигналу. Передача сигналу в цьому випадку є односпрямованою, тобто вона можлива тільки в одну сторону. Для передачі сигналу у зворотну сторону необхідний другий провід, а в кожному прийомопередавачі – джерело світла й елемент із функцією прийому сигналу.

Передача даних за допомогою радіозв'язку робить зовсім непотрібними наявність електропроводів, що з'єднують прийомопередавачі. Але надійність передачі даних тут досить обмежена. Різні пристрої створюють один одному перешкоди. Швидкість передачі даних тут не вище, чим в електронних шинах.

Шинні системи підрозділяються на різні класи, насамперед з погляду можливих швидкостей передачі даних. Для класифікації важливу роль відіграє також надійність передачі даних. Позначення класів не слід плутати з позначеннями CAN-шин. Ці позначення спочатку були пов'язані один з одним, але потім велися довільно. Класифікація шин передачі даних представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Класи шин передачі даних

Класи шин передачі даних	Діагностичні шини	Клас А	Клас В	Клас С	Клас С +	Клас мультимедіа
Швидкість передачі даних	<10 Кбіт / с	<25 Кбіт / с	25-125 Кбіт / с	125 Кбіт / с - 1 Мбіт/с	> 1 Мбіт/с	> 10 Мбіт/с
Галузь застосування	Підключення діагностичного обладнання	Системи забезпечення комфорту (управління сидіннями, склопідоминками)	Система кондиціонування повітря	Системи приводу / ходової частини	Гальмівна система, рульове управління	Центральний монітор, аудіо-, відео навігаційна системи, телефон

У класі діагностики допускаються дуже низькі швидкості передачі даних. Надійність передачі даних не має особливого значення. У випадку появи помилок передача даних проводиться повторно.

Так званий клас А може бути небагато швидше, але використовується він тільки для некритичних завдань, таких як сигнал склопідіймача або прості сигнали перемикачів.

У класі В шинні системи досягають уже значних швидкостей. Ці шини використовуються в автомобілебудуванні головним чином в електронних системах забезпечення комфорту.

Шини класу С можуть відрізнитися високою швидкістю й надійністю передачі даних. Вони використовуються в області трансмісії й електроніки ходової частини транспортних засобів.

Для критичних з погляду надійності завдань використовуються шини класу С+. При передачі даних у гальмових системах і системах рульового керування втрата даних неприпустима, крім того, ці дані повинні передаватися дуже швидко.

Шини класу мультимедіа очолюють класифікацію в розряді швидкості передачі даних. Цього вимагає величезний обсяг даних для аудіо- і відеосистем. Надійність передачі тут не є критичним параметром.

Існують різні можливості для з'єднання БУ, так звані топології. Найпростіше з'єднання – це з'єднання двох пристроїв на кінцях електропроводу. Таке з'єднання називають повузловим, тобто від одного вузла до іншого, або з'єднання «Peer to Peer». Часто зустрічається з'єднання кількох пристроїв. Шина на кінцях, як правило, повинна бути закрита резисторами, щоб перешкодити відбиттю сигналу. При з'єднанні зіркою головний вузол окремо з'єднується з іншими пристроями. Якщо вузол являє собою тільки з'єднання проводів, так званий розподільник потенціалів, то у випадку з'єднання зіркою мова йде практично тільки про дуже короткий плоский провід.

Якщо ж головний вузол є блоком керування з уведеннями для периферійних пристроїв, то мова йде про декілька повузлових з'єднань.

З'єднання кільцем застосовуються, наприклад, при використанні світловодів у якості середовища передачі даних. Якщо кожний пристрій передає прийняті світлові імпульси далі, усі прилади можуть «спілкуватися» між собою. У такому випадку мова йде практично про замкнений ланцюг односпрямованих повузлових з'єднань.

Можливі способи з'єднання БУ представлені на рис. 3.1. При комунікації між БУ передача лише самих даних недостатня. Необхідна також інформація про те, яке значення мають передані дані або від якого датчика ці дані виходять, який вони мають пріоритет, чи потрібно їх передавати іншим БУ.

БУ додає до первісних даних таку інформацію, як ідентифікаційний номер або пріоритетність переданих даних. Прийомопередавач зі своєї сторони також додає інформацію, що дозволяє робити остаточну передачу даних.

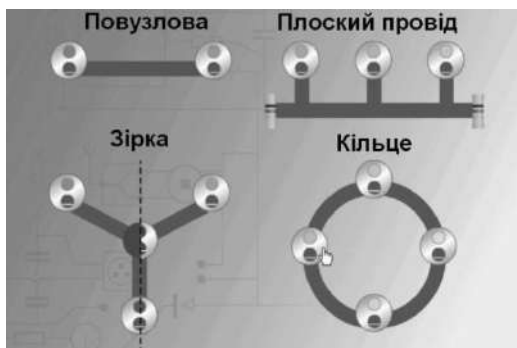


Рисунок 3.1 – Способи з'єднання БУ

До такої додаткової інформації відносяться, наприклад, біти синхронізації. Їхні імпульси дають можливість відкоригувати тактові сигнали приймача для дійсно синхронної роботи з передавачем. Часто попередньо передається довжина повідомлення. Так приймач довідується, у який момент закінчиться повідомлення, а разом з ним і передача даних. За допомогою додаткових контрольних даних приймач може встановити, чи коректно було отримане повідомлення.

Уся ця інформація й, можливо, велика кількість іншої інформації перебуває в довгому ланцюзі бітів. Приймач повинен знати, де і яка інформація перебуває в цьому ланцюзі, щоб в остаточному підсумку відфільтрувати головні дані.

Тому існують стандартизовані зразки, по яких повинні структуруватися повідомлення. Такий зразок називають протоколом. У цей час використовуються різні протоколи для всіляких видів застосування. Прийомопередавачі, що працюють із різними протоколами, не будуть «розуміти» один одного.

Вид передачі даних є важливим критерієм для відмінності шинних систем. Синхронну передачу даних можна зрівняти з телефонною розмовою. У той час, коли один абонент говорить, інший його уважно слухає й намагається відразу ж обробити почуту інформацію.

Недоліком синхронної передачі даних все-таки є те, що її не можна перервати. У момент передачі шина зайнята БУ й приймачі залишаються заблокованими до моменту повної

передачі повідомлення. Часто після передачі даних передавач чекає підтвердження про одержання інформації й починає передачу всіх даних заново, якщо таке підтвердження відсутнє або надходить інформація про помилкову передачу даних.

Асинхронну передачу даних можна, швидше за все, зрівняти з перепискою. У цьому випадку передаються короткі повідомлення після закінчення певного часу. Ці повідомлення спочатку збираються в БУ, а потім ним же обробляються.

Між повідомленнями шина може бути використана іншим БУ для передачі інших повідомлень. Завдяки цьому навантаження на шину розподіляється рівномірно. Таким чином, велика кількість інформаційних даних може передаватися швидко й у повному обсязі.

Для того щоб робота прийомопередавачів залишалася ритмічною, у потік інформаційних даних час від часу додаються синхронізаційні імпульси. Але кількість так званих керуючих даних у порівнянні з кількістю інформаційних даних незначна. Так звані керуючі дані додаються навіть до зовсім невеликих повідомлень, що значно збільшує загальний обсяг переданих даних.

БУ не повинні одночасно передавати дані на шину. У таких випадках повідомлення знищуються. Цей процес називається зіткненням. Тому доступ до шини повинен регулюватися.

При передачі у системі, даних що задають і ведених пристроїв, роль того що задає бере на себе один БУ, який стає ведучим для всіх інших ведених БУ. Тільки цей БУ може самостійно передавати дані на шину.

У регулярних відрізках часу цей БУ посилає запити іншим блокам керування. Протягом короткого проміжку часу кожний із запитуваних БУ має можливість відповісти на запит і передати повідомлення. З метою прямих запитів усі відомі БУ повинні бути зареєстровані в БУ, що задає. Тому в сучасних системах при використанні шини необхідна фаза ініціалізації.

При керуванні доступом на рівні протоколу або передачі повідомлень усі БУ можуть рівноправно передавати дані на шину, якщо в цей момент не відбувається передача даних.

Якщо два пристрої одночасно починають передавати дані, то в цей момент ухвалюється рішення, який з них може

продовжувати цю операцію. Інший БУ затримує своє повідомлення. Для ухвалення рішення може, наприклад, послужити група двійкових знаків спочатку процесу передачі даних, яка вказує на пріоритетність передачі.

При цьому так званому арбітражі може відбутися наступне: повідомлення з низькою пріоритетністю зберігаються довгий час і, в остаточному підсумку, передаються занадто пізно. Тому використовується керований арбітраж, який гарантує своєчасну передачу інформації.

У кожному транспортному засобі часто використовується відразу кілька шинних систем. Яка система призначена для тої або іншої ділянки є рішенням, що залежать від багатьох факторів.

Саме середовище передачі даних відіграє певну роль. Скловолкнисті кабелі, наприклад, дуже легкі й дозволяють високі швидкості передачі даних. Але в той же час, вони дуже чутливі і їх не можна прокладати по гострих кутах.

Максимальна дистанція, на якій шина може працювати безпомилково, є важливим критерієм відбору. У вантажному автомобілі, наприклад, потрібно кілька метрів електропроводів для з'єднання БУ в передній частині з БУ в задній частини автомобіля. Деякі шинні системи можуть застосовуватися тільки на коротких відстанях.

Іноді з'єднання двох БУ між собою виявляється цілком достатнім. Яка кількість БУ може обслуговувати шинну систему також є важливим питанням.

Для аудіо- і відеоданих, а також для систем, що забезпечують безпеку, важливим фактором є швидкість передачі даних. З іншого боку, для обслуговування функцій зміни положення сидінь достатньою є невелика швидкість передачі даних.

Шина повинна враховувати ці вимоги. Надійність передачі даних у деяких випадках важливіша швидкості їх передачі.

Помилки при передачі даних у гальмовій системі можуть мати фатальні наслідки. З іншої сторони існують випадки застосування, коли перешкоди й затримки через помилки при передачі інформаційних даних не є критичними.

Немаловажним є також і те, як система інтегрується в існуючу структуру автомобіля і його технічне обслуговування з погляду використовуваних протоколів, керування доступом і

відносин керуючих даних до даних для користування.

### **3.4 Огляд шинних систем**

**К – провід (однополосна шина даних).**

К-лінія або К-шина є попередником усіх шинних систем, застосовуваних у європейських автомобілях. К-лінія використовується для діагностики й офіційно стандартизована ще в 1989 році. До її переваг відносяться просте виконання й можливості підключення до комп'ютера. У більшості випадків К-лінія складається тільки з одного електропроводу. Напряга сигналу є робочою напругою транспортного засобу стосовно його маси. Максимальна довжина К-лінії не специфікована. К-лінія призначена винятково для виконання діагностичних функцій у двонаправлених з'єднаннях із двома учасниками. На сучасних вантажних автомобілях модифікована К-лінія застосовується для з'єднання декількох БУ.

Швидкість передачі даних такої шини становить від 1.2 до 10.4 Кбіт/сек, оскільки К-лінія використовується тільки в діагностичних цілях, надійність передачі даних тут не так важлива. Завдяки простим і давно стандартизованим технічним параметрам витрати залишаються мінімальними.

К-лінія працює за асинхронною схемою передачі даних з керуванням доступом у режимі «задаючий / ведений». Тому що шина, не розрахована на великі швидкості передачі даних, прийом одного повідомлення при певних обставинах може тривати до 5 секунд.

В 1989 році К-лінія стандартизована як ISO 9141.

**Технологія CAN.**

Скорочення «CAN» означає Controller Area Network. Технологія CAN була розроблена фірмою Bosch у другій половині 80-х років ХХ ст. для надійної передачі даних вимірів, керування й контролю. В 1991 р. система CAN уперше застосована в якості шини передачі даних класу С у транспортних засобах і відтоді добре себе зарекомендувала. Стандарт CAN описаний у нормі ISO 11898.

У системі CAN використовується кручена двопровідна лінія. Рівень сигналу являє собою різницю напруг між проводами. Завдяки цьому CAN не так сильно піддана перешкодам і не

створює перешкоди для інших БУ. При низьких швидкостях передачі у випадку розриву одного проводу шина може функціонувати навіть із одним проводом.

Довжина проводки залежить від швидкості передачі даних. При цьому головну роль відіграє час поширення сигналу. При 1 Мбіт/сек довжина CAN-шини може досягати 40 метрів, а при 10 Кбіт/сек довжина теоретично може досягати більше 1 км.

Тому що керування доступом відбувається на рівні повідомлення, кількість БУ, у принципі, не обмежена. У практиці все-таки існують обмеження відповідно до виконання прийомопередавачів.

Як і у випадку з напругою сигналу, швидкості передачі даних у системі CAN не передбачені. В електронних системах автомобілів «Мерседес-Бенц» використовуються шини CAN з низькою й високою швидкістю (Lowspeed-CAN / Highspeed-CAN). Швидкість передачі даних Lowspeed становить до 125 Кбіт/сек, Highspeed-CAN – більше 125 Кбіт/с.

Застосовуються різні механізми запобігання, розпізнавання й коректування помилок. З їхньою допомогою БУ можуть попереджати про помилкові повідомлення або відключатися при встановленні помилки під час передачі даних. Тому технологія CAN вважається самою надійною технологією.

Завдяки простим і давно стандартизованим технічним параметрам витрати на виробництво й експлуатацію цих шин є мінімальними. Тому в цей час CAN застосовується навіть у якості діагностичних шин. Технологія CAN функціонує синхронно. Керування доступом здійснюється за допомогою арбітражу на рівні повідомлень. Кожне можливе повідомлення в системі має однозначний код упізнавання, перший біт якого одержує пріоритетний статус. Якщо два пристрої передають дані одночасно, першочерговість передачі автоматично переходить до пріоритетного повідомлення. Для обов'язкового визначення коду впізнавання кожного повідомлення резервуються 29 бітів. Отже, короткі повідомлення містять більше керуючих даних, ніж дані для користування.

### **Технологія LIN.**

Технологія LIN (Local Interconnect Network) розроблена спільними зусиллями різних виробників автомобілів наприкінці

90-х років як більш дешева альтернатива до технології Low-Speed-CAN. Технологія LIN застосовується скрізь, де не потрібна ширина смуги пропускання й універсальність технології CAN.

Фізично LIN структурована як К-провід. На одному проводі рівень сигналу визначається при робочій напрузі транспортного засобу стосовно його маси. Довжина лінії обмежена до 40 м. Цього досить для використання шини LIN усередині одного локального вузла автомобіля. На відміну від К-проводу технологія LIN допускає з'єднання до 16 БУ. Швидкість передачі даних у такій шині становить від 1 Кбіт/сек до 20 Кбіт/сек. У шинах LIN автомобілів «Мерседес-Бенц» швидкість передачі даних від 9,6 до 20 Кбіт/сек.

Технологія LIN призначена для використання в некритичні з погляду безпеки системах. Для LIN існує кілька механізмів для розпізнавання й коректування помилок. Витрати на виробництво й експлуатацію незначні, що властиво й було метою розробки. Протокол LIN також схожий на протокол К-лінії.

### **Технологія MOST.**

Шини MOST (Media Oriented Systems Transport) використовуються в цей час на автомобілях для передачі даних між такими системами як радіоприймач, CD-плеєр, телефон, навігаційні системи й бортове телебачення. Такі шини дозволяють передавати великий обсяг інформації. Технологія MOST уперше розроблена компанією Oasis Silicon Systems, пізніше – заснованої в 1998 році організацією MOST-Cooperation, яка стандартизувала її в сфері створення мультимедійних мережних структур у транспортних засобах.

У технології MOST використовуються світловоди. Вони допускають екстремально високі швидкості передачі даних при абсолютній несприйнятливості до електромагнітних перешкод. Довжина лінії не специфікована. Максимально можливо підключити до 64 різних мультимедійних компонентів, які з'єднані, як правило, у вигляді кільця.

Швидкість передачі даних рівна 25 Мбіт/сек і вважається дуже високою. Надійність передачі даних у шинах MOST не є основною, тому що ця технологія розроблена для некритичних з погляду безпеки систем. Однак кільцева структура, у якій з'єднані світловоди, спричиняє небезпеку роз'єднання ланцюга у

випадку виходу з ладу одного з компонентів.

Технологія MOST є відносно дорогою технологією. Але через застосування головним чином у системах забезпечення комфорту автомобілів представницького класу, витрати виправдовують себе.

### **Технологія Bluetooth.**

Bluetooth, розроблена фірмою Ericsson, поєднує радіо технології й технології електронних мереж. За допомогою Bluetooth можливо створювати невелику безкабельну мережну структуру.

У якості середовища-носія використовуються радіохвилі в неліцензованому діапазоні частот 2.4 ГГц. Цей діапазон використовується також у безкабельних телефонах і мікрохвильових печах. Із цієї причини технологія Bluetooth дуже чутлива до перешкод. Залежно від потужності сигналу, максимальна відстань між пристроями може становити від 1-10, до більше 100 метрів.

Технологія Bluetooth дозволяє створювати мережні структури, у які можуть поєднуватися до 260 пристроїв, але активними можуть залишатися одночасно не більше 8. Інші пристрої підтримують синхронізацію й можуть бути активовані по запиту.

Швидкість передачі даних дуже висока й становить більш 700 Кбіт/сек. Але така швидкість досягається тільки при ідеальних умовах. Часто підключені пристрої створюють перешкоди один одному й швидкість передачі по Bluetooth сильно зменшується.

Через чутливість до перешкод технологію Bluetooth не можна розглядати як високонадійну технологію. Однак різні пристрої легко підключаються до цієї системи передачі даних.

Для технології Bluetooth використовуються готові мікрокристалічні модулі, що дозволяють просте застосування. Однак технологія Bluetooth залишається відносно дорогою в порівнянні зі звичайними технологіями підключення в мережні структури. Основні характеристики розглянутих шин передачі даних зведено в табл. 3.2.

Крім згаданих вище, зустрічаються ще системи D2B, RS485, ASIC і LVDS.

Таблиця 3.2 – Характеристики шин передачі даних

Тип шини	Середовище передачі даних	Відстань передачі	Кількість пристроїв	Швидкість передачі
K-провід	1-провідна	Без специфікації	2	1,2 - 10,4 Кбіт / сек
CAN	2-провідна	Кілька сотень метрів	>100	10 Кбіт / сек - 1 Мбіт / сек
LIN	1-провідна	До 40 м	Макс. 16	1 - 20 Кбіт / сек
MOST	Світловоди	Без специфікації	Макс. 64	25 Мбіт / сек
Bluetooth	Радіохвилі	Кілька метрів	Макс. 260	700 Кбіт / сек

### 3.5 Інші системи передачі даних

**Система D2B** – розроблена фірмою Philips в якості мультимедіальної шинної системи. Вона допускає швидкості передачі даних до 5 Мбіт/сек. D2B була в значній мірі витиснута технологією MOST.

**Система RS485** – є модернізованим варіантом системи RS232, що успішно зарекомендувала себе в комп'ютерному світі. Ця система дозволяла тільки прямі двонаправлені з'єднання між двома пристроями. Її модернізований варіант RS485 допускає з'єднання до 32 прийомопередавачів. Ця система, що працює в режимі асинхронної передачі зі швидкістю до 10 Мбіт/сек, є вигідною з економічної точки зору альтернативою до технології CAN, застосовуваної в промисловості. В автомобілях вона використовується для з'єднання таксометра автомобіля-таксі на салонному дзеркалі заднього виду.

**Система ASIC** – застосовується в панелі керування вантажного автомобіля «Мерседес-Бенц» Actros. Кожний перемикач має свій установлений код, який учасник системи ASIC, що задає, використовує в запитах. Таким чином, панель керування може розширюватися додатковими перемикачами. Швидкість передачі даних 30 Кбіт/сек, представляється цілком достатньою для такого застосування.

## Система LVDS.

Скорочення «LVDS» (Low Voltage Differential Signal), означає «диференціальний сигнал низької напруги». Передача даних відбувається завдяки швидкому перемиканню полюсів двох проводів з різницею напруг усього лише в 0,3 В. Тому що електромагнітні ефекти при цьому незначні, можливе досягнення швидкості передачі даних завбільшки кілька сотень Мбіт/сек. Система LVDS знаходить застосування, наприклад, при передачі зображень у приладі нічного бачення в автомобілі «Мерседес-Бенц» нового S-Класу.

Далі розглянемо докладніше устрій шини передачі даних CAN.

### 3.6 Шина передачі даних CAN-Datenbus

#### *Мережна конфігурація CAN- Datenbus.*

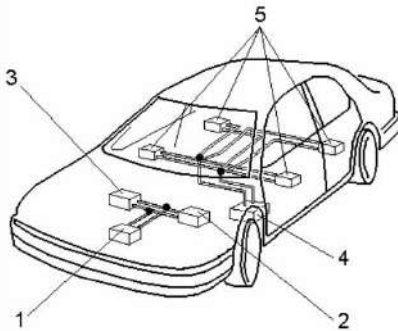
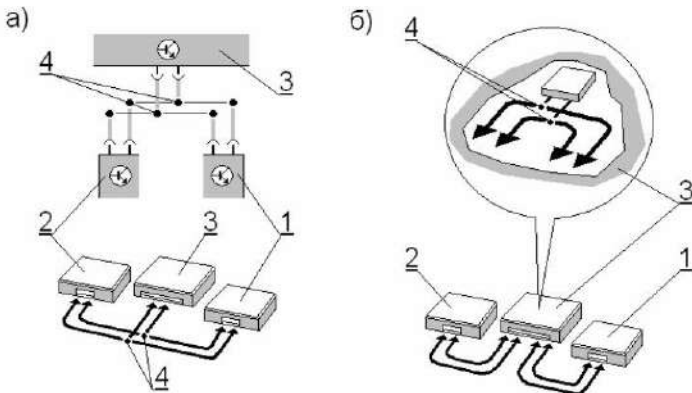


Рисунок 3.2 – Схема зв'язку блоків керування CAN-шиною

З 1980 року цифрова електроніка почала свій бурхливий розвиток. На транспортних засобах усе більше стали застосовуватися електронні БУ. Для організації комунікації між різними БУ фірма Bosch розробила CAN-шину (CAN-Datenbus), де CAN розшифровується як Controller Area Network.

Це значить, що блоки керування зв'язані між собою в єдину мережу (рис. 3.2) і між ними відбувається обмін даними по спеціальній шині. Елементи привода автомобіля складають єдину систему, куди входять: блок 1 керування двигуном, блок 2 керування АКП, блок 3 керування системами ходової частини.

При цьому можливі варіанти з'єднання БУ між собою в єдину мережу (рис. 3.3). Так, вузловий пункт перебуває, як правило, за межами БУ, у джгуті проводів (рис. 3.3, а). У виняткових випадках вузловий пункт може перебувати усередині БУ двигуном рис. 3.3, б.



- а – вузловий пункт перебуває за межами БУ,  
 б – вузловий пункт перебуває в БУ двигуном,  
 1 – БУ гальмовою системою, 2 – БУ АКП,  
 3 – БУ двигуном, 4 – вузловий пункт

Рисунок 3.3 – Варіанти з'єднання блоків керування в єдину мережу

Комфортні елементи також становлять єдину систему, що включає в себе центральний блок 4 (рис. 3.2) керування й блоки 5 керування у дверях.

При обміні інформацією за допомогою CAN-шини всі дані передаються по двом двонаправленим проводам (що передають повідомлення в обидва боки), незалежно від кількості даних і БУ. У цьому випадку передача даних відбувається аналогічно телефонному «конференц-зв'язку», де один учасник (блок керування) «говорить» свої дані в провідну мережу, у той час як інші учасники «слухають» ці дані. Одні учасники знаходять ці дані цікавими для себе й будуть їх використовувати, інші – ні. Чим більше інформації про стан усієї системи втримується в БУ, тим краще він може погоджувати окремі функції системи.

Таким чином, шина передачі даних має наступні переваги:

- якщо протокол даних передбачається розширити за рахунок додаткової інформації, то не потрібно вносити зміни в програмне забезпечення;
- низька квота помилок у результаті постійного повторного огляду інформації, переданої через БУ;

- менша кількість датчиків і проводів завдяки можливості багаторазового використання одного сигналу;
- між БУ можлива дуже швидка передача даних;
- економія місця за рахунок зменшення розмірів БУ й рознімань для підключення БУ;
- CAN-шина прийнята до використання в усьому світі, тому через неї може відбуватися обмін даними між БУ, виготовленими різними виробниками.

Комунікацію між БУ забезпечують так звані прийомопередавачі, що з'єднують їх із шиною. Вони інтегровані в БУ, але являють собою самостійні компоненти, що посилають дані, й ті що приймають.

БУ з функцією посилки даних підготовляє дані для свого прийомопередавача. У певному ритмі біти перетворюються в електричний сигнал і подаються в шину.

Прийомопередавач блоку з функцією прийому даних обов'язково повинен працювати в такому ж ритмі. Він вимірює сигнал шини й генерує відповідні біти, подаючи їх до БУ. Прийомопередавачі повинні бути синхронізовані. Ритм, що вказує на кількість бітів, які можуть передаватися за одну секунду, є швидкістю передачі даних. Швидкість передачі даних позначається в кіло- або мегабітах за секунду. Одиниця виміру «Біт/сек» позначається також терміном «бод». Тривалість часу одного біта називають «час Біт».

CAN-шина складається з наступних компонентів (рис. 3.4): по одному контролеру й трансіверу в БУ, двох опорів і двох проводів передачі даних. За винятком проводів усі компоненти розташовуються в БУ. Незважаючи на це в роботі БУ не відбулося ніяких змін. Зазначені компоненти шини виконують наступні функції:

Контролер – з однієї сторони одержує від БУ дані, які повинні бути передані, обробляє їх і передає далі на трансівер. З іншої сторони він одержує дані від трансівера й після відповідної обробки передає їх у БУ. Трансівер (Transceiver) – є одночасно передавачем (Transmitter) і приймачем (Receiver).

Дані що надходять від контролера він перетворює в електричні сигнали й посилає їх по проводах передачі даних. При цьому він також приймає дані й перетворює їх для контролера.

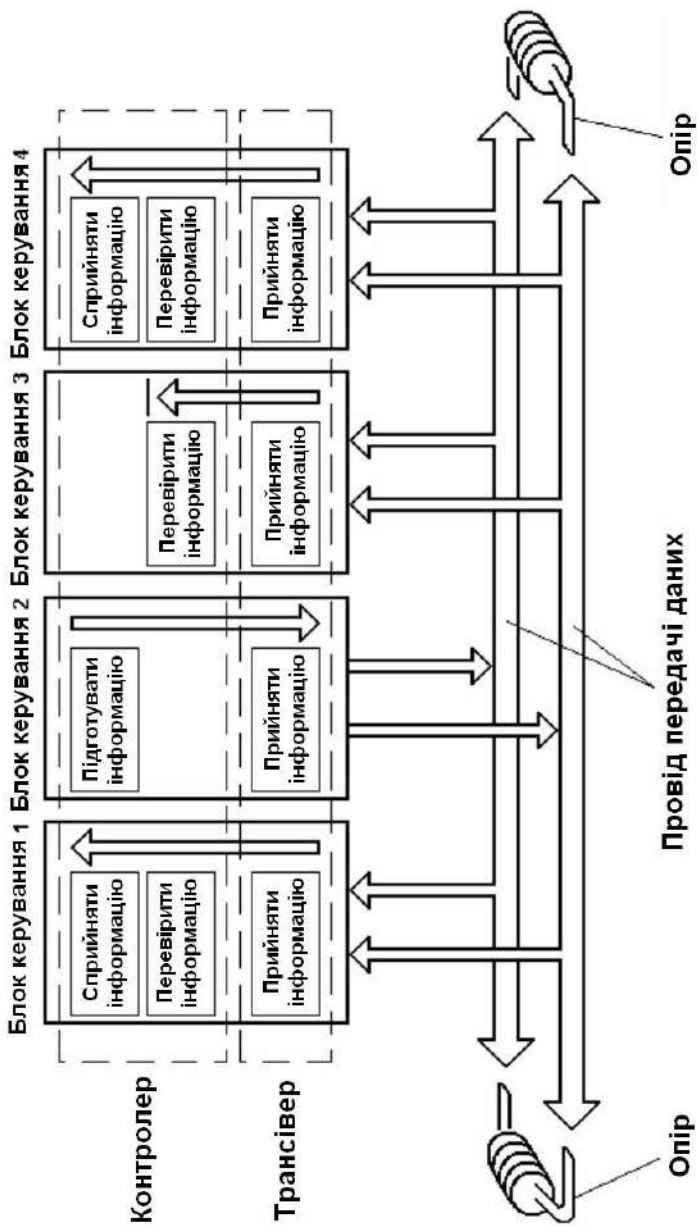


Рисунок 3.4 – Функціональна схема CAN-шини

Дані в системі привода, щоб їх можна було використовувати з максимальною ефективністю, повинні передаватися дуже швидко. Для цього потрібен трансівер з високою потужністю. Такий трансівер уможливує передачу даних у проміжку між двома спалахами в системі запалювання. Тим самим сприйняті дані можуть бути використані вже для наступного керуючого імпульсу.

Опір – перешкоджає виникненню ефекту резонансу при передачі даних. Проводи передачі даних – є двонаправленими й служать для передачі даних, позначаються як CAN-High і CAN-Low.

Передача інформації із застосуванням CAN-шини відбувається в такий спосіб (рис. 3.4). Один з БУ (блок 2) підготовляє інформацію й передає її на проводи передачі даних. При цьому «приймач» переданої інформації не вказується, і вона приймається й оцінюється всіма блоками керування (блоки 1, 3, 4).

Розглянемо тепер кожен з функцій, виконуваних блоками керування й представлених на рис. 3.4.

**Підготувати інформацію** – дані обробляються БУ 2 і підготовляються для передачі контролером.

**Передати інформацію** – трансівер БУ 2 одержує інформацію від контролера, перетворює її в електричні сигнали й передає далі.

**Прийняти інформацію** – усі інші блоки керування (блоки 1, 3, 4), що утворюють із CAN-шиною єдину мережу, виконують роль приймачів.

**Перевірити інформацію** – блоки керування 1, 3, 4 перевіряють, чи потрібна їм для роботи інформація, що надійшла.

**Сприйняти інформацію** – якщо інформація важлива, вона сприймається й переробляється (блоки 1, 4), а якщо ні, то – залишається без уваги (блок 3).

Таким чином, передача даних CAN-шиною має наступні особливості:

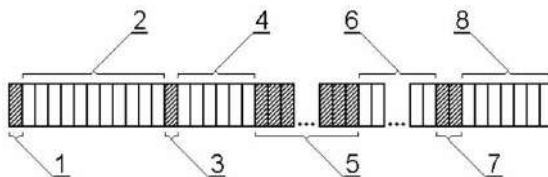
- CAN-шина має два проводи, по яких передається різна інформація. При цьому щоб послабити електромагнітні перешкоди, а також випромінюючі перешкоди, обоє

проводи передачі даних скручені між собою. При цьому важливий крок скручування;

- CAN-шина може працювати зі швидкістю 500 Кбіт/сек. Ця швидкість укладається в діапазон швидкостей high speed 125...1000 Кбіт/сек. Передача одного протоколу даних триває близько 0,25 мс;
- залежно від БУ через кожні 7...20 с здійснюється спроба відправити дані;
- послідовність пріоритетів у передачі інформації: 1 – БУ гальмовою системою; 2 – БУ двигуном; 3 – БУ АКП.

### 3.7 Протокол даних

CAN-шина передає протокол даних, що складається з безлічі впорядкованих бітів, між блоками керування. Біт – це найменша одиниця інформації, тобто одне включення в одиницю часу. В електроніці ця інформація може мати значення «0» або «1», відповідно «так» або «ні». Протокол даних (рис. 6.4) містить сім областей (полів). Число бітів одного протоколу залежить від величини поля даних 5.



- 1 – початкове поле (1 біт), 2 – поле визначення статусу (11 біт),  
3 – один біт не використовується, 4 – контрольне поле (6 біт),  
5 – поле даних (максимально 64 біт), 6 – поле захисту (16 біт),  
7 – поле підтвердження (2 біт), 8 – завершальне поле (7 біт)

Рисунок 3.5 – Структура протоколу даних

Структура протоколу ідентична для обох проводів передачі даних CAN-шини.

Розглянемо призначення кожного з полів протоколу даних.

Початкове поле 1 – відзначає початок протоколу даних. По проводу CAN-High посилає один біт інформації, при цьому величина сигналу порядку 5 В (визначається системою). По

проводу CAN-Low посилає один біт інформації, величина сигналу якого 0 В.

У полі визначення статусу 2 встановлюється пріоритет протоколу даних. Якщо, приміром, два БУ одночасно прагнуть відправити свій протокол даних, перевагу має протокол з більш високим пріоритетом. У контрольному полі 4 позначене число інформаційних повідомлень, що перебувають у полі даних. Таким чином, кожний приймач може перевірити ще раз, чи всі інформаційні повідомлення він прийняв. У полі даних 5 власне й відбувається передача (трансляція) інформаційних повідомлень для інших БУ. З наведеної табл. 3.3 можна побачити, як з кожним додатковим бітом подвоюється обсяг переданої інформації, на прикладі температури охолодної рідини автомобільного двигуна (значенню «0» відповідає сигнал 0 В, а «1» – 5 В).

Таблиця 3.3 – Подвоєння обсягу переданої інформації з кожним додатковим бітом

Варіанти з 1 бітом	Можлива інформація	Варіанти з 2 бітами	Можлива інформація	Варіанти з 3 бітами	Можлива інформація
0 В	10 °С	0 В, 0 В	10 °С	0 В, 0 В, 0 В	10 °С
5 В	20 °С	0 В, 5 В	20 °С	0 В, 0 В, 5 В	20 °С
–	–	5 В, 0 В	30 °С	0 В, 5 В, 0 В	30 °С
–	–	5 В, 5 В	40 °С	0 В, 5 В, 5 В	40 °С
–	–	–	–	5 В, 0 В, 0 В	50 °С
–	–	–	–	5 В, 0 В, 5 В	60 °С
–	–	–	–	5 В, 5 В, 0 В	70 °С
–	–	–	–	5 В, 5 В, 5 В	80 °С

У табл. 3.4 дана приблизна побудова інформації про положення дросельної заслінки автомобільного двигуна за допомогою 8 Біт. При цьому можливо 256 різних варіантів послідовності бітів. Завдяки цьому передається інформація про положення дросельної заслінки в діапазоні від 0° до 102° з інтервалом в 0,4°.

Поле захисту 6 служить для розпізнавання перешкод, що виникають у процесі передачі даних. У полі підтвердження 7 приймачі підтверджують передавачу коректне приймання протоколу. При наявності помилки приймачі негайно сповіщають про це передавачу, і той повторює передачу. Наприкінці протоколу даних перебуває завершальне поле 8. Таким чином, надається остання можливість розпізнавання помилок, наявність яких веде до повторення трансляції даних.

### 3.8 Розподіл інформації

Якщо відразу кілька БУ прагнуть відправити свої протоколи даних, необхідно вирішити, чий протокол буде відправлений першим.

Таблиця 3.4 – Побудова інформації про положення дросельної заслінки автомобільного двигуна за допомогою 8 Біт

Послідовність бітів	Положення дросельної заслінки
0000 0000	кут відкриття дросельної заслінки - 000,0°
0000 0001	кут відкриття дросельної заслінки - 000,4°
0000 0010	кут відкриття дросельної заслінки - 000,8°
....	....
0101 0100	кут відкриття дросельної заслінки - 033,6°
....	....
1111 1111	кут відкриття дросельної заслінки - 102,0°

Протокол даних з максимальним пріоритетом буде відправлений у першу чергу. Так, наприклад, протокол даних від БУ гальмової системи стосовно інформації безпеки, оцінюється як більш важливий, ніж протокол від БУ АКП, що містить інформацію про комфорт руху. Розподіл інформації відбувається в такий спосіб: кожному протоколу даних відповідно до його пріоритету в поле визначення статусу 2 (рис. 3.5) відповідає код, що складається з 11 бітів. Кожний біт має значення, якому відповідає певна «значимість». Вона може бути або підвищеною, або зниженою (табл. 3.5). У табл. 3.6 приводиться пріоритет трьох протоколів даних.

Таблиця 3.5 – Значення бітів яким відповідає певна «значимість»

Біт з напругою	Значення	Значимість
0 В	0	Підвищена
5 В	1	Знижена

Таблиця 3.6 – Пріоритет трьох протоколів даних

Пріоритет	Протокол даних	Поле визначення статусу
1	Гальмова система	001 1010 0000
2	Двигун	010 1000 0000
3	Коробка передач	100 0100 0000

Усі три БУ одночасно починають передавати свої протоколи даних. Одночасно починається їхнє порівняння біт за бітом у проведенні передачі даних CAN-шини. Якщо один БУ посилає біт зі зниженою значимістю «1» і розпізнає інший біт з підвищеною значимістю «0», він припиняє передачу й стає приймачем. Як видно з табл. 3.6, найбільший пріоритет має інформація, що надходить від гальмової системи (на початку поля йде сигнал «00»), потім від двигуна («01») і тільки потім від коробки передач («10»).

### 3.9 Боротьба з перешкодами при передачі інформації

Джерелами перешкод в автомобілі стають деталі, при роботі яких виникає іскровий розряд, тобто відбувається розмикання або замикання електричного ланцюга. Іншими джерелами перешкод можуть ставати, наприклад, мобільні телефони й передавальні радіостанції, тобто все, що випромінює електромагнітні хвилі. Ці хвилі можуть впливати на передачу даних або спотворювати їх.

Щоб послабити дію перешкод на передачу даних, два проводи передачі даних CAN-шини скручуються між собою. Таким чином, усувається можливість випромінювання перешкод також і від самих проводів передачі даних.

На обох проводах створюється відповідна протилежна напруга: якщо на одному із проводів передачі даних напруга близько 0 В, то на іншому проводі – близько 5 В, і навпаки. Завдяки цьому сума напруг у будь-який момент залишається постійною, і ефект електромагнітного поля на обох проводах

взаємно знищується (рис. 3.6). При цьому провід передачі даних захищений від зовнішніх перешкод і сам не є джерелом перешкод.

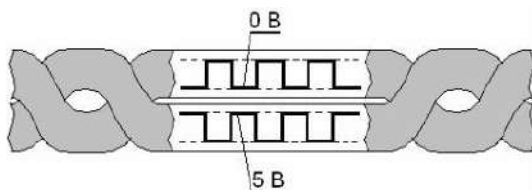


Рисунок 3.6 – Схема роботи захисту від перешкод проводів передачі даних

### 3.10 Мережні структури сучасних легкових автомобілів

В 1990 році на легкових автомобілях «Мерседес-Бенц» серії 124 вперше застосовані стандартизовані шини передачі даних. Це стосувалося тільки вузлів системи привода. В 1991 році на легкових автомобілях S- класу, тип 140, за допомогою CAN-шини було з'єднано вже 5-6 різних БУ. Блок-схема такої CAN-шини представлена на рис. 3.7.

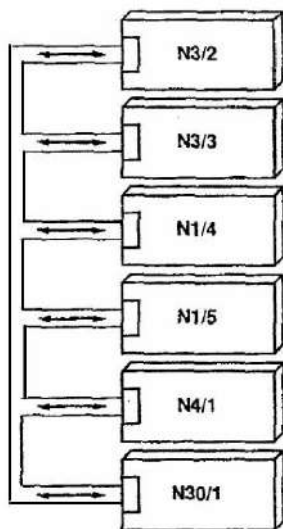


Рисунок 3.7 – Блок-схема CAN- шини автомобіля

Де (N3/2) – БУ системою впорскування бензину лівого ряду циліндрів 12- циліндрового V-образного двигуна; (N3/3)- блок керування системою впорскування бензину правого ряду циліндрів; (N1/4)- комутатор запалювання лівого ряду циліндрів; (N1/5) – комутатор запалювання правого ряду циліндрів; (N30/1)- БУ системами ходової частини (ABS/ASR).

Переваги такої шини даних полягали в тому, що стало можливим відмовитися від ряду додаткових датчиків в системах керування, тому що ті самі дані використовувалися всіма БУ, підключеними до шини, різні керуючі параметри могли передаватися одночасно всім БУ, була

реалізована концепція перевірки вірогідності сигналів, при виході з ладу окремих компонентів системи був можливий аварійний режим роботи автомобіля, що дозволяє своїм ходом досягти авторизованого сервісу.

З 2005 року на легкових автомобілях «Мерседес-Бенц» нового S- класу стала використовуватися мережна структура, кількість шин передачі даних у якій значно зростає.

Розгляд мережних структур сучасних легкових автомобілів показує, що без використання комбінації декількох шинних систем, що використовують різні технології, а також великого кількості електронних блоків керування, неможливо передавати всі зростаючий обсяг інформації, необхідної для забезпечення ефективної роботи систем автомобіля.

Таким чином, для забезпечення всі зростаючих вимог по безпеці, токсичності ВГ двигунів і різноманіття комфортних функцій автомобіля, необхідно постійно розбудовувати технології передачі даних, підвищувати надійність роботи шинних систем, а також підвищувати швидкість і якість переданої інформації.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке широтно-імпульсна модуляція?
2. Чим була зумовлена розробка систем обміну даними в автомобілі?
3. Що розуміють під словом «Bus-Bar»?
4. Які є обмеження швидкості передачі даних?
5. Які є переваги та обмеження у використанні світловодів в якості передавачів сигналу?
6. Назвіть класи шинних систем передачі даних.
7. Які особливості шинних систем передачі даних класу C+?
8. Які є способи з'єднання (топології) блоків управління?
9. В чому особливість асинхронної передачі даних?
10. Що відбувається коли два пристрої одночасно починають передавати дані в мережу?
11. Чи можливе одночасне використання кількох шинних систем на транспортному засобі?
12. Який фактор найбільш важливий для систем що забезпечують безпеку?

13. Коли вперше на транспортних засобах була використана однополосна шина даних?
14. Які параметри швидкості має К-шина?
15. Що означає термін «Технологія CAN»?
16. Від чого залежить довжина CAN-шини?
17. Поясніть особливості технології LIN.
18. Поясніть особливості технології MOST.
19. В чому полягають особливості технології Bluetooth?
20. Назвіть інші, менш поширені системи передачі даних.
21. Які є варіанти з'єднання блоків керування в єдину мережу?
22. Користуючись схемою (рис. 3.4), поясніть устрій та принцип роботи CAN-шини.
23. Поясніть структуру протоколу даних CAN-шини.
24. Внаслідок чого відбувається подвоєння обсягу переданої інформації з кожним додатковим бітом?
25. Як здійснюється боротьба з перешкодами при передачі інформації на транспортному засобі?

## 4 БАТАРЕЇ ТА СИСТЕМИ ЗАРЯДУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Акумуляторна батарея забезпечує електропостачання електростартера при пуску двигуна, а також електропостачання інших споживачів електроенергії на автомобілі й тракторі при непрацюючому генераторі або його недостатній потужності. В іншому випадку акумуляторна батарея працює паралельно з генератором. Основним споживачем енергії акумуляторної батареї є електростартер. Робота в стартерному режимі визначає тип і конструкцію акумуляторних батарей і виділяє їх в особливий клас стартерних батарей.

На автомобілях і тракторах в якості стартерних застосовуються свинцеві акумуляторні батареї. По конструктивно-функціональній ознаці розрізняють батареї:

- звичайної конструкції – у моноблоці з комірковими кришками й міжелементними перемичками над кришками;
- у моноблоці із загальною кришкою й міжелементними перемичками під кришкою;
- необслуговувані – із загальною кришкою, які не потребують технічного обслуговування в експлуатації (термін «необслуговувані акумуляторні батареї» – умовний, так як обслуговувати їх в експлуатації треба, хоча і в значно меншому обсязі).

Працюючи паралельно з генераторною установкою, акумуляторна батарея усуває перевантаження генератора й перенапруги в системі електроустаткування. Після розряду на електростартер та інші споживачі електроенергії, акумуляторна батарея підзаряджається від генераторної установки з певним рівнем регульованої напруги. Генератор повинен відновити енергію, віддану батареєю при розряді. Чергування режимів розряду й заряду (циклування) – одна з характерних рис роботи акумуляторних батарей на автомобілях і тракторах.

Акумуляторна батарея є не тільки елементом систем електропостачання й електростартерного пуску, але й складовою частиною інших систем в електроустаткуванні.

Умови, в яких працює акумуляторна батарея, залежать від типу, призначення й кліматичної зони експлуатації, а також від місця її установки на автомобілі й тракторі.

На експлуатаційну надійність і термін служби батареї впливають температура навколишнього середовища, рівень вібрації й тряски, періодичність, обсяг і якість технічного обслуговування, параметри стартерного розряду, сила струмів і тривалість розряду й заряду при циклуванні, рівень надійності й справності електроустаткування, тривалість роботи й перерв в експлуатації.

Стартерні свинцеві акумуляторні батареї можуть експлуатуватися при температурі довкілля від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  (акумуляторні батареї групи I) і від  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  (батареї групи II). При цьому робоча температура електроліту повинна бути не вище  $+50^{\circ}\text{C}$ .

При підвищенні температури електроліту батареї руйнуються електроди, прискорюється сульфатація. Для зменшення хімічної активності електроліту його щільність у жарких і теплих вологих кліматичних районах знижують до  $1,25-1,27 \text{ г/см}^3$ . Ріст температури викликає інтенсивний випар води з електроліту. Під дією сонячних променів і високої температури в батареях звичайної конструкції зменшується міцність ебонітових моноблоків, кришок і герметизуючої мастики.

При низьких температурах герметизуюча мастика втрачає еластичність, розтріскується й відшаровується від поверхні кришок і моноблоків. Моноблоки, кришки й пробки стають крихкими. При таненні снігу на поверхні батареї утворюється волога. Лід на поверхні пробок може закрити вентиляційні отвори. При недостатній щільності електроліту й значної розрядженості батареї можливе замерзання електроліту. Тому батареї, експлуатовані при низьких температурах, рекомендується заповнювати електролітом більшої щільності ( $1,29-1,31 \text{ г/см}^3$ ) і тримати в зарядженому стані.

Низькі температури значно погіршують умови заряду акумуляторних батарей. Вже при температурі  $-10^{\circ}\text{C}$  розряджена на 50 % батарея може бути заряджена тільки на 60-65 % номінальній ємності. В умовах зимової експлуатації збільшується число включених споживачів. Різко зростає сила струму,

споживаного електростартером.

Усе це утрудняє забезпечення позитивного зарядного балансу батареї на автомобілі. При температурі нижче  $-10^{\circ}\text{C}$  для підтримки батареї в зарядженому стані необхідно підвищувати регульовану напругу генераторної установки.

Зарядна напруга повинна відповідати значенню, зазначеному в технічному описі й інструкції для експлуатації. Максимальна регульована напруга генераторної установки не повинна перевищувати 15,5 і 31,0 В відповідно для 12 і 24-вольтних систем електроустаткування.

Висока механічна міцність, достатній термін служби, необхідна ємність при невеликих розмірах і масі, працездатність у широкому діапазоні температур і значень сили розрядного струму, невеликі втрати енергії при тривалій бездіяльності, мінімальний внутрішній опір і внутрішнє спадання напруги при великій силі струму розряду в стартерному режимі – це не повний перелік вимог до стартерних акумуляторних батарей на автомобілі або тракторі.

Акумуляторні батареї повинні витримувати короточасні розряди стартерними струмами великої сили без руйнування електродів і погіршення характеристик при подальшій експлуатації, а також мати достатній запас енергії для живлення споживачів у випадку виходу з ладу генераторної установки й для інших потреб, що виникають в аварійних ситуаціях.

До акумуляторних батарей на тракторах повинен бути забезпечений вільний доступ для огляду й технічного обслуговування. Акумуляторні батареї розміщують ближче до стартера з метою зменшення довжини стартерного проводу й спадання напруги на ньому. Масовий провід батареї кріплять до двигуна або твердої рами.

Рівень вібрації в місцях установки акумуляторних батарей не повинен перевищувати  $1,5\text{g}$  (прискорення  $14,7\text{ м/с}^2$ ) у діапазоні частот до 60 Гц. Допускається короточасне вібраційне навантаження при прискоренні  $49\text{ м/с}^2$  ( $5\text{g}$ ) із частотою до 30 Гц. При вібрації й трясці батарея не повинна переміщатися по опорному майданчику. Посадкові місця повинні мати амортизатори й амортизаційні прокладки.

Саморозряд зарядженої батареї, крім необслугованої, після

бездіяльності протягом 14 діб при температурі навколишнього середовища не повинен перевищувати 10 %, а після бездіяльності протягом 28 діб 20 % номінальної. Саморозряд батареї, що не потребує постійного обслуговування, після бездіяльності протягом 90 діб не повинен перевищувати 10 % номінальної ємності, а після бездіяльності протягом року – 40 %.

Мінімальний термін служби акумуляторної батареї в експлуатації вважається до моменту зменшення розрядної ємності нижче 40 % номінальної ємності або зниження тривалості стартерного розряду до 1,5 хв. при температурі  $(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$  до кінцевої розрядної напруги 4,5 і 9,0 В відповідно для 6 і 12 вольтних батарей.

Мінімальний термін служби батарей звичайної конструкції із загальною кришкою, в експлуатації повинен становити один рік при наробітку транспортного засобу не більше 90 тис. км пробігу.

Мінімальний термін служби необслуговуваних батарей, в експлуатації повинен складати три роки при напрацюванні транспортного засобу не більше 100 тис. км пробігу.

Гарантійний термін зберігання не залитих електролітом батарей – три роки з моменту виготовлення. Гарантійний термін зберігання сухозаряджених батарей – один рік з моменту виготовлення. Для необслуговуваних батарей, залитих електролітом, встановлюється термін зберігання два роки за умови проміжного заряду в межах мінімального терміну служби.

Хімічне джерело струму повинне задовольняти наступним вимогам:

- максимальна ЕРС електрохімічної системи;
- максимальна кількість електричної енергії, що знімається з одиниці маси або об'єму;
- мінімальний саморозряд;
- максимальний термін служби;
- мінімальна вартість матеріалів і виготовлення;
- можливість забезпечення роботи в найбільш широких температурних межах.

#### **4.1 Принцип дії свинцевого акумулятора**

Акумуляторні батареї є вторинними хімічними джерелами струму, які можуть використовуватися багаторазово. Активні

речовини, витрачені в процесі розряду, відновлюються при наступному заряді. При протіканні розрядної хімічної реакції в акумуляторі негативний електрод оксидується, а позитивний відновлюється. При окисдуванні відбувається віддача електронів, при відновленні – приєднання електронів.

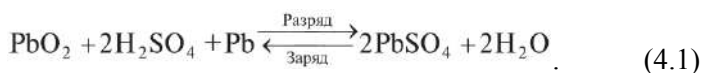
У свинцевому акумуляторі у струмоутворюючих процесах беруть участь діоксид свинцю  $PbO_2$  (окиснювач) позитивного електроду, губчатий свинець  $Pb$  (відновник) негативного електроду й електроліт – водяний розчин сірчаної кислоти  $H_2SO_4$ .

Активні речовини електродів являють собою відносно тверду електронопровідну масу з діаметром пор 1-5 мкм у діоксиду свинцю й 5-10 мкм у губчатого свинцю. Об'ємна пористість активних речовин у зарядженому стані становить близько 50 %. Частина сірчаної кислоти в електроліті дисоційована на позитивні іони водню  $H^+$  і негативні іони кислотного залишку  $SO_4^{2-}$ .

Губчатий свинець при розряді акумулятора виділяє в електроліт позитивні іони двовалентного свинцю  $Pb^{2+}$ . Надлишкові іони негативного електроду по зовнішній ділянці замкненого електричного ланцюга переміщуються до позитивного електроду, де відновлюють чотиривалентні іони свинцю  $Pb^{4+}$  до двовалентного свинцю  $Pb^{2+}$ . Позитивні іони свинцю  $Pb^{2+}$  з'єднуються з негативними іонами кислотного залишку  $SO_4^{2-}$ , утворюючи на обох електродах сірчаноокислий свинець  $PbSO_4$  (сульфат свинцю).

При підключенні до зарядного пристрою електрони рухаються до негативного електроду, нейтралізуючи двовалентні іони свинцю  $Pb^{2+}$ . На електроді виділяється губчатий свинець  $Pb$ . Віддаючи під впливом напруги зовнішнього джерела струму по два електрони, двовалентні іони свинцю  $Pb^{2+}$  у позитивного електроду окиснюються в чотиривалентні іони  $Pb^{4+}$ . Через проміжні реакції іони  $Pb^{4+}$  з'єднуються із двома іонами кисню й утворюють діоксид свинцю  $PbO_2$ .

Хімічні реакції у свинцевому акумуляторі описуються рівнянням подвійної сульфатації:



Зміст в електроліті сірчаної кислоти й щільність електроліту зменшуються при розряді й збільшуються при заряді. Утворі води при розряді відбувається у позитивного електрода, у результаті щільність електроліту у позитивних електродів падає швидше, ніж у негативних.

При заряді сірчана кислота утворюється у позитивного електрода, тому щільність електроліту у позитивного електрода росте швидше, ніж у негативного. На 1 А•год електричної ємності витрачається: при розряді – 3,86 г свинцю, 4,44 г діоксиду свинцю, 3,67 г сірчаної кислоти, а при заряді – 0,672 г води, 11,6 г сульфату свинцю.

Витрата кислоти в позитивних електродів більша, ніж у негативних. Якщо враховувати кількість води, що утворюється в позитивних електродів, то кількість кислоти, необхідної для них у плинні розряду, в 1,6 рази більше, ніж для негативних.

Це є основною причиною того, що сепаратор з боку позитивного електрода має жолоби з метою збільшення обсягу кислоти близько такого електрода. При заряді відбувається незначне збільшення об'єму електроліту, а при розряді – зменшення. По щільності електроліту можна судити про ступінь розрядженості  $\Delta C_p$  (%) свинцевого акумулятора:

$$\Delta C_p = 100(\rho_3 - \rho_{25}) / (\rho_3 - \rho_p), \quad (4.2)$$

де  $\rho_3$  і  $\rho_p$  – щільність електроліту відповідно повністю зарядженого й повністю розрядженого акумуляторів при температурі 25°C, г/см<sup>3</sup> ( $\rho_3 - \rho_p = 0,16$  г/см<sup>3</sup>);

$\rho_{25}$  – виміряна щільність електроліту, наведена до щільності при температурі 25°C, г/см<sup>3</sup> (далі щільність, наведена до температури).

Для приведення щільності електроліту до температури 25°C використовують формулу:

$$\rho_{25} = \rho_t - 0,0007(25 - t), \quad (4.3)$$

де  $t$  – температура електроліту в момент виміру щільності.

Ступінь розрядженості батареї по вимірній щільності

визначають із урахуванням початкової щільності електроліту повністю зарядженої батареї (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Щільність електроліту наведена до температури 25°C, г/см<sup>3</sup>

Повністю заряджена батарея	Розряджена батарея	
	на 25 %	на 50 %
1,30	1,26	1,22
1,28	1,24	1,20
1,26	1,22	1,18
1,24	1,20	1,16
1,22	1,18	1,14

Батареї, ступінь розрядженості яких більше 50 % улітку й 25 % узимку, необхідно зняти з експлуатації й зарядити в стаціонарних умовах.

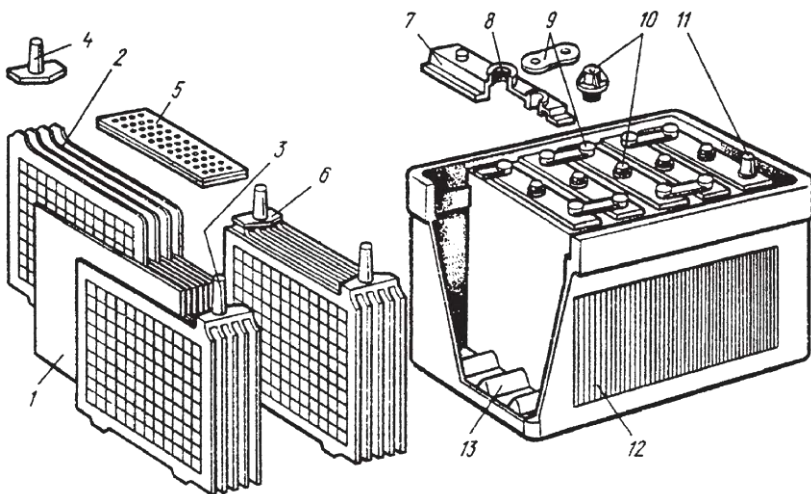
#### 4.2 Устрій стартерних акумуляторних батарей

Батарея залежно від необхідної напруги містить три або шість послідовно з'єднаних акумуляторів. Стартерна свинцева акумуляторна батарея звичайної конструкції з міжелементними перемичками над кришками комірок складається із зібраних у напівблоки 2 і 3 (рис. 4.1) позитивних і негативних електродів (пластин), сепараторів 1, моноблока 12 (корпуса), кришок 7 із пробками 10, міжелементних перемичок 9, полюсних виводів 11 і запобіжного щитка 5.

Акумуляторна батарея із загальною кришкою й міжелементними перемичками під кришкою (рис. 4.2) має позитивні 3 і негативні 4 електроди, які мають решітку 1 з нанесеною на неї активною масою.

Для запобігання від коротких замикань електроди розділені сепараторами 2. Позитивні й негативні електроди з'єднані бареткою в напівблоки 12 і 5.

Напівблоки об'єднуються в блоки, які опускаються в секції моноблока й з'єднуються між собою міжелементними перемичками.



1 – сепаратор; 2, 3 – напівблоки відповідно позитивних і негативних електродів; 4 – баретка; 5 – запобіжний щиток; 6 – місток; 7 – кришка; 8 – заливальний отвір; 9 – міжелементна перемичка; 10 – пробка; 11 – полюсний вивід; 12 – моноблок; 13 – опорна призма

Рисунок 4.1 – Стартерна акумуляторна батарея звичайної конструкції

Акумуляторна батарея із сепараторами-конвертами й міжелементними перемичками під загальною кришкою через перегородку для тракторів наведена на рис. 4.3.

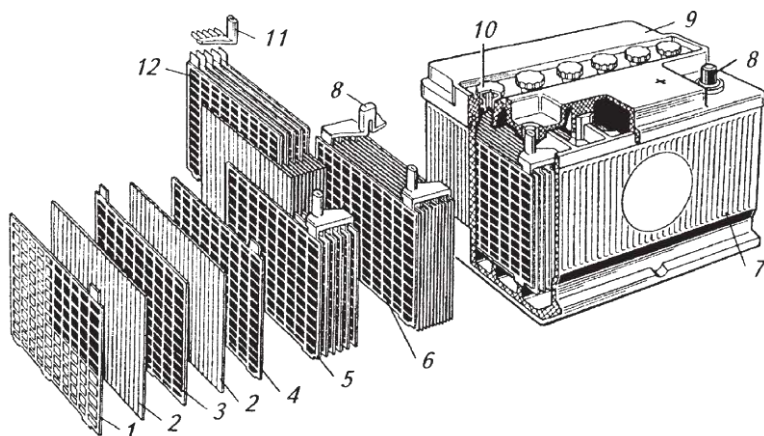
### 4.3 Електроди

У повністю зарядженій свинцевій батареї активною речовиною позитивних електродів є діоксид свинцю  $PbO_2$  (темно-коричневого кольору), а негативних – губчатий свинець  $Pb$  (сірого кольору).

Решітки електродів виконують функції підведення струму до активної маси при її заряді й струмовідводу при її розряді, а також механічного втримання активної маси.

Однакові по конструкції решітки позитивних і негативних електродів мають вушка, рамку з вертикальними ребрами й горизонтальними жилками, опорні ніжки. У деяких решітках у

випадку застосування сепараторів-конвертів ніжки мають меншу висоту або відсутні. Профіль ребер і жилок забезпечує легке добування решітки з ливарної форми й гарний контакт між активною масою й решіткою.



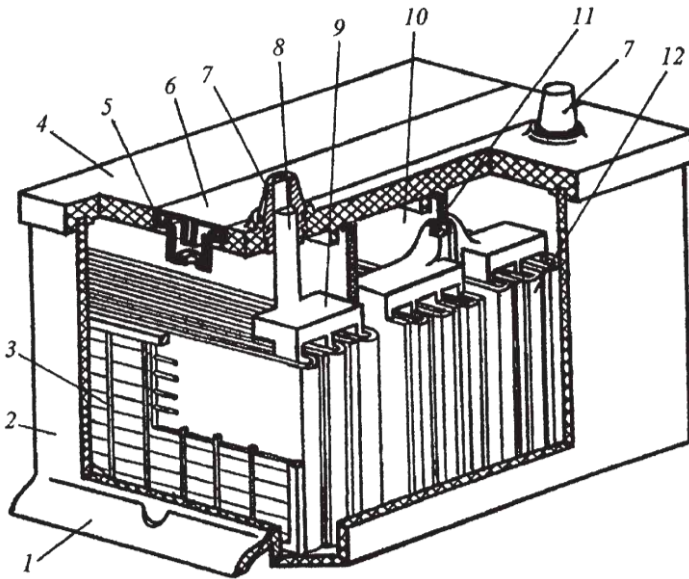
- 1 – решітка; 2 – сепаратор; 3, 4 – електроди відповідно позитивний і негативний; 5, 12 – напівблоки відповідно негативних і позитивних електродів; 6 – блок електродів із сепараторами; 7 – корпус моноблока; 8 – полюсний вивід; 9 – загальна кришка; 10 – пробка; 11 – місток з борну

Рисунок 4.2 – Акумуляторна батарея із загальною кришкою

Освинцьована сітка металевих решіток зі збільшеною поверхнею має краще зчеплення з активною речовиною електрода, що зменшує дію корозії й збільшує термін служби батареї.

Решітки електродів повинні забезпечувати рівномірний розподіл струму по всій масі активних речовин. Ступінь нерівномірності розподілу струму на електродах залежить від відношення висоти до ширини електродів.

З наближенням даного відношення до одиниці (квадратний електрод) ступінь нерівномірності розподілу струму знижується. У стартерних батареях звичайної конструкції застосовують електроди шириною 143 мм і висотою без ніжок 119 і 133,5 мм.



- 1 – виступ моноблока; 2 – моноблок; 3 – електрод;  
 4 – кришка; 5 – пробка; 6 – планка; 7 – вивід; 8 – борн;  
 9 – місток; 10 – перегородка;  
 11 – міжелементна перемичка; 12 – сепаратор-конверт

Рисунок 4.3 – Акумуляторна батарея  
 із сепараторами-конвертами

Товщина решіток електродів залежить від режимів роботи й установленого терміну служби батареї. Для автомобільних батарей товщина решіток дорівнює 1,5-2 мм. Решітки негативних електродів мають меншу товщину, тому що вони менш піддані корозії. Маса решіток становить до 50 % маси електрода.

Решітки електродів відливають зі сплаву свинцю й сурми (4-6 %) з додаванням миш'яку (0,1-0,2 %). Сурма збільшує механічну міцність і корозійну стійкість решітки, підвищує її твердість, поліпшує плинність сплаву при виготовленні решіток, знижує їхнє окисдування при зберіганні.

Добавка миш'яку збільшує корозійну стійкість решіток, помітно підвищує межу міцності на розрив і твердість. Легування миш'яком свинцево-сурьмянистих сплавів решіток електродів

дозволяє збільшити термін служби батареї.

Гнізда решіток електродів заповнені пористою активною масою. Основою пасти електродів є свинцевий порошок, що заміщується у водяному розчині сірчаної кислоти. Для збільшення міцності активної маси в пасту позитивних електродів додають поліпропіленове волокно.

Додавання волокна підвищує механічну міцність пасти й збільшує пористість активної маси позитивного електрода з 40 до 50 %, у результаті чого підвищується термін служби й поліпшуються енергетичні характеристики батареї на 9-15 %.

Вміст волокна й капрону або пропиляна діаметром 25 мкм, довжиною 3-5 мм становить 0,4 % сухої маси активної речовини. Ущільнення активної речовини негативних електродів у процесі експлуатації можна уникнути завдяки додаванню в пасту розширників (сажа, дубитель БНС, гумати, одержувані з торфу, і т.д.) у суміші із сірчаноокислим барієм.

Пориста структура активної маси електродів забезпечує краще проникнення електродів у глибинні шари й підвищує коефіцієнт використання активних речовин. Активна поверхня пористої маси (поверхня, що безпосередньо контактує з електролітом) у сотні раз перевищує геометричну поверхню електрода.

Губчатий свинець негативного електрода має менший питомий опір (1,83-10 Ом•см) у порівнянні з діоксидом свинцю ( $74 \cdot 10^{-4}$  Ом•см) позитивного електрода, тому негативний електрод має більшу механічну міцність, менше підданий жолобленню й корозії.

Омічний опір решіток стартерних батарей товщиною 2,2-2,5 мм перебуває в межах 1,8-2,4 мОм, товщиною 1,6-1,8 мм – у межах 2,4-3,0 мОм. У зарядженому стані опір негативного електрода становить 62-70 % опору решітки, а позитивного – 92-98 %. У міру розряду батареї опір електродів наближається до опору решіток.

Негативні й позитивні електроди за допомогою бареток з'єднані в напівблоки. Баретки мають містки, до яких вушками приварені решітки електродів, і вивідні штирі (борни). Борни є струмовідводами напівблоків електродів. Міст і містки забезпечують необхідний зазор між електродами. Зі збільшенням

числа паралельно з'єднаних електродів у напівблоках збільшується номінальна ємність акумулятора.

Напівблоки об'єднані в блоки електродів. Залежно від пропонованих до батареї вимог співвідношення між числом позитивних і негативних електродів може бути різним. Однак число різнополярних електродів відрізняється не більше ніж на одиницю: звичайно негативних електродів у блоках на один більше, ніж позитивних. У струмоутворюючих реакціях бере участь більша кількість активної речовини позитивних електродів. Перебуваючи між двома негативними електродами, позитивний електрод при заряді й розряді зазнає менше змін активної маси й менше деформується.

При такому співвідношенні товщина позитивних електродів, як правило, на 10-20 % більше товщини негативних, а товщина крайніх негативних електродів на 40 % менше товщини позитивних. У деяких батареях число різнополярних електродів однакове. У таких випадках обидва електроди мають однакову товщину.

#### **4.4 Сепаратори**

Електроди в блоках розділені сепараторами, які, запобігаючи короткому замиканню між різнополярними електродами, забезпечують необхідний для високої іонної провідності запас електроліту в міжелектродному просторі й можливість переносу електричного заряду від одного електрода до іншого.

Крім того, сепаратори фіксують положення електродів, попереджаючи їхнє переміщення при трясці й вібрації. У деяких конструкціях акумуляторних батарей блок електродів 3 (рис. 4.4) кріпиться додатково до баретки 1 за допомогою поліуретану 2, що значно підвищує стійкість акумуляторної батареї до вібрації.

Технічні показники сепараторів суттєво впливають на роботу свинцевої акумуляторної батареї. Від омичного опору сепараторів залежить внутрішнє спадання напруги в акумуляторній батареї. Сепаратори сповільнюють опливання активної маси позитивних електродів і сульфатацію негативних електродів, продовжуючи термін служби акумуляторної батареї.

Сепаратори повинні мати високу пористість, достатні механічну міцність, кислотостійкість, еластичність, мінімальну

гігроскопічність при тривалому зберіганні акумуляторної батареї в сухозарядженому стані й повинні зберігати свої властивості в широкому діапазоні температур. Опір сепаратора, просоченого електролітом, повинен бути меншим, ніж опір такого ж за обсягом і геометричними розмірами шару електроліту. У стартерних свинцевих батареях встановлюють сепаратори з міпору, міпласту, поровінілу, пластипору (табл. 4.2).

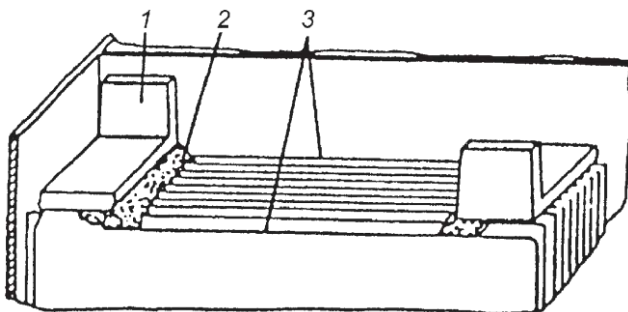


Рисунок 4.4 – Кріплення блоку електродів до баретки за допомогою поліуретану

Таблиця 4.2 – Сепаратори акумуляторних батарей

Матеріал	Відносний електроопір, не більше	Об'ємна пористість %, не менше	Маса, кг, сепаратора із площею поверхні 1 м <sup>2</sup>
Міпор	5,5	50–60	0,564
Міпласт	5	40–50	0,636
Поровініл	5	75	0,272
Пластипор	—	75	0,250
Відносний опір - відношення опору сепаратора, просоченого електролітом, до опору шару електроліту тієї ж форми, яку має сепаратор			

**Міпор** (мікропористий ебоніт) – одержують у результаті вулканізації суміші натурального каучуку із силікагелем і сіркою. Промисловість випускає сепаратори з міпору товщиною 1,1; 1,5; 1,9 мм. До недоліків сепараторів з міпору відносяться крихкість, мала швидкість просочення електролітом, дефіцитність сировини й висока вартість.

**Міпласт** (або мікропористий поліхлорвініл) – виготовляють

із поліхлорвінілової смоли шляхом спікання. Сепаратори з міпласту випускають товщиною 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм. Технологічний процес виготовлення сепараторів з міпласту простіший. Міпласт швидко просочується електролітом, має низький відносний опір і достатню механічну міцність. Міпласт менш стійкий до утвору голчастих струмопровідних містків між електродами, тому що має меншу пористість і більший діаметр пор у порівнянні з міпором. Термін служби батарей із сепараторами з міпласту менший.

**Порівніл** одержують із пористого поліхлорвінілу, а **пластинор** – з перхлорвінілової смоли. Вологість сепараторів з міпору і міпласту при складанні, а також наскрізних мікроотворів, які можна виявити при просвічуванні електричною лампою потужністю 100 Вт, розташованої на відстані 100 мм від сепаратора, не повинна бути більше 2 %.

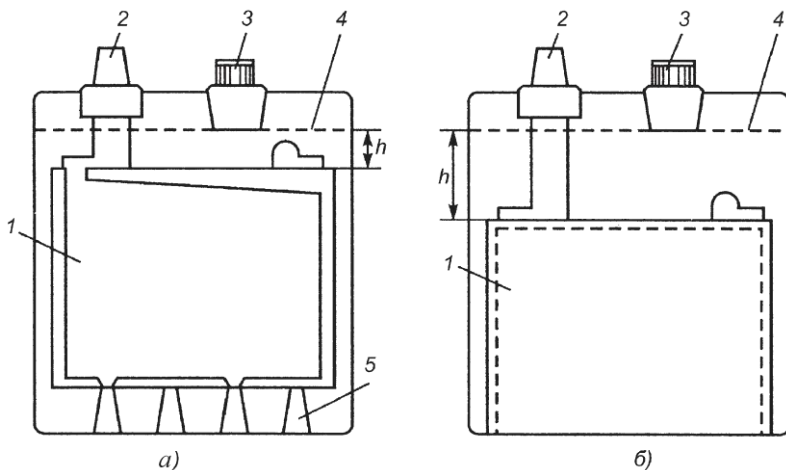
Механічну міцність сепараторів оцінюють по опору при розриві, вигині навколо валика діаметром 45-60 мм.

Сепаратори представляють собою тонкі (1-2 мм) прямокутні пластини з вертикальними ребрами, які повернені до позитивного електрода для кращого доступу до нього електроліту. Невеликі ребра висотою 0,15-0,20 мм із боку, зверненого до негативного електрода, знижують імовірність «проростання» сепаратора, поліпшують умови дифузії й конвекції електроліту близько негативного електрода.

Сепаратори з міпору і міпласту більші електродів по ширині на 3-5 мм, по висоті на 9-10 мм, що виключає появу струмопровідних містків по торцях електродів і сепараторів.

Останнім часом у акумуляторних необслуговуваних батареях, застосовують також сепаратори-конверти. Схема розташування електродів в акумуляторних батареях наведена на рис. 4.5.

При установці одного з електродів у сепаратор-конверт виключається замикання електродів різнойменної полярності шламом. Тому можна встановлювати блоки електродів безпосередньо на дно моноблоків без призм і шламового простору, що дозволяє при збереженні висоти акумуляторної батареї більше ніж у 2 рази збільшити висоту рівня електроліту над електродами.



а – звичайні; б – необслуговувані із сепараторами-конвертами;  
 1 – блок електродів; 2 – полюсний вивід; 3 – пробка;  
 4 – призма моноблока; 5 – рівень електроліту над блоком електродів

Рисунок 4.5 – Схеми розташування електродів в акумуляторних батареях

#### 4.5 Моноблок. Кришки. Пробки

Моноблок (корпус) стартерних батарей виготовляють із ебоніту або пластмаси. Важкі й крихкі моноблоки з ебоніту в цей час замінюють моноблоками з термопласту (наповненого поліетилену) або тонкостінними моноблоками з морозостійкого співполімеру пропілену з етиленом. Висока міцність у широкому інтервалі температур, стійкість до кислот, масел, розчинників і теплостійкість нових моноблоків дозволили зменшити товщину їх стінок до 1,8-2,5 мм (замість 6-8 мм для моноблока з ебоніту), а перегородок – до 1,2- 2,5 мм (замість 2,65-5,6 мм).

Усередині моноблок розділений міцними непроникними перегородками на окремі гнізда по числу акумуляторів у батареї. У гніздах моноблока розміщують зібрані в блоки електроди, розділені сепараторами. В акумуляторних батареях зі звичайними сепараторами на дні кожного гнізда передбачено чотири призми, що утворюють простір для осідаючих на дно гнізд батареї активних речовин електродів (шламу). На кожні дві опорні

призми встановлюють різнополярні електроди на опорах, що виключає їхнє коротке замикання шлямом. На перегородках моноблока передбачені вертикальні виступи (пілястри) для кращої циркуляції електроліту біля електродів, що прилягають до перегородок.

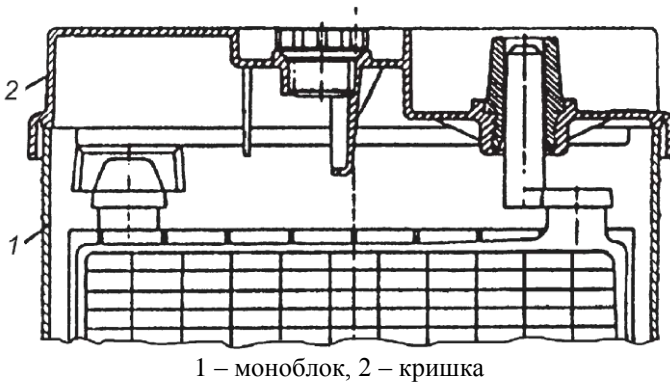
Застосування поліпропілену дало можливість при збереженні достатньої механічної міцності суттєво зменшити масу моноблока. Щільність пропілену дорівнює  $0,9 \text{ г/см}^3$ , а ебоніту –  $1,4 \text{ г/см}^3$ . За рахунок зменшення товщини стінок маса поліпропіленового моноблоку на 80 % менше маси ебонітового, що робить батарею більш транспортабельною в процесі експлуатації. При однакових габаритних розмірах у поліпропіленовий моноблок можна встановити більше електродів, що збільшує ємність батареї на 15-20 %.

Моноблок з поліпропілену міцніший, складніше руйнується, більш термостійкий, напівпрозорий, що спрощує контроль рівня електроліту. Поліпропілен більш стійкий до впливу електроліту, масел, пластичних мастильних матеріалів і бензину. При з'єднанні акумуляторів через перегородки зменшуються маса свинцю й внутрішній опір батареї, що підвищує на 10 % її потужність. Щільно приварена до моноблоку загальна кришка запобігає підтіканню електроліту й окисдуванню полюсних виводів у процесі експлуатації. Кришки окремих акумуляторів або всієї батареї виготовляються з однорідного з моноблоком матеріалу.

Найпоширеніша кришка із двома крайніми отворами для виводу борнів блоку електродів і одним середнім різьбовим отвором для заповнення гнізда моноблока електролітом і контролю його рівня. У крайні отвори окремих кришок запресовані свинцеві втулки.

У місцях стику окремих кришок зі стінками моноблока батареї герметизовані бітумною мастикою.

Широкі можливості для конструктивних удосконалень, що дозволяють полегшити технічне обслуговування батареї в процесі експлуатації, забезпечує застосування загальних кришок, які приварюють до моноблоків. Контактно-теплове зварювання пластмасового моноблока 1 (рис. 4.6) і загальної кришки 2 створює надійну герметизацію.



1 – моноблок, 2 – кришка  
 Рисунок 4.6 – З'єднання загальної кришки з моноблоком

Застосування загальної кришки на всі акумулятори батареї дозволяє:

- зменшити довжину міжелементних з'єднань, що знижує внутрішній опір батареї;
- легше підтримувати чистоту верхньої частини батареї, що знижує ймовірність її саморозряду через кришку;
- підсилити кріплення окремих акумуляторів у батареї.

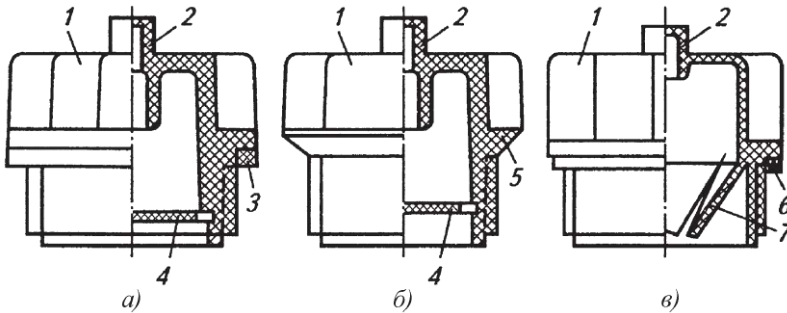
Однак використання загальної кришки має недоліки:

- не можна виміряти напругу окремого акумулятора й замінити його, якщо він непридатний;
- неможливо відремонтувати батарею із загальною кришкою.

Заливальні отвори горловини в кришках уніфіковані по метричному різьбленню M20, M24 і M30 і закриті пробками з вентиляційними отворами.

Пробки виготовляють із ебоніту, полістиролу або феноліту. Пластмасові пробки мають меншу масу й більшу міцність. Для того щоб запобігти витіканню електроліту, між ущільнювальним бортом корпусу 1 (рис. 4.7) і заливальною горловиною кришки встановлюють гумову шайбу 3. Герметизація може забезпечуватися також конусним бортом 5, припасованим до горловини отвору в кришці. У новій конструкції пробок передбачений пластмасовий ущільнювальний елемент 6,

розташований на бортику пробки. Пробки мають вбудовані відбивачі 4 і 7, які не дозволяють електроліту вихлюпуватися через вентиляційний отвір. У пробках нової конструкції відбивач 7 виконаний у вигляді пелюсток.



- а – гумовим; б – під конус; в – пластмасовим;  
 1 – корпус пробки; 2 – приплив вентиляційного отвору;  
 3 – гумова шайба; 4 – відбивач; 5 – конусний бортик;  
 6 – пластмасовий ущільнювальний елемент;  
 7 – пелюстковий відбивач

Рисунок 4.7 – Пробки батарей з ущільненням

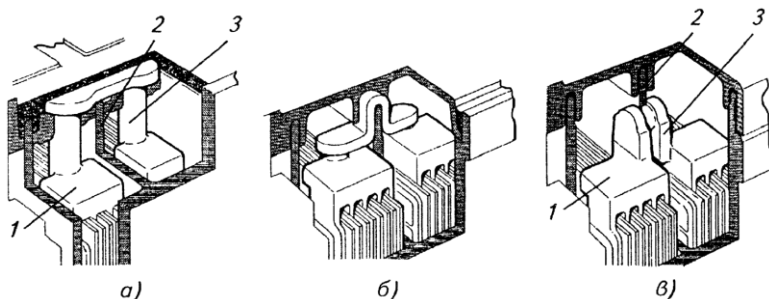
Батареї великої ємності постачені ручками для перенесення, прикріплені до моноблока спеціальними металевими скобами, накладками й гвинтами. Така конструкція вимагає додаткового оснащення для виготовлення кріпильних деталей переносних пристроїв і збільшує трудомісткість виготовлення батарей.

Виконання переносних пристроїв з ручками, розташованими в отворах бортика моноблока, простіше. Ручки можуть бути твердими або гнучкими, можуть переміщатися у вертикальному напрямку й повертатися на деякий кут по горизонталі. Переносні пристрої й місця їх кріплення повинні витримувати навантаження, яке дорівнює дворазовій масі батареї з електролітом.

#### 4.6 Міжелементні перемички. Полюсні виводи

Для послідовного з'єднання акумуляторів у батареї використовують міжелементні перемички (рис. 4.8), які

припаюють до борнів бареток напівблоків у такому порядку, щоб з'єднати між собою напівблок негативних електродів одного акумулятора з напівблоком позитивних електродів поруч розташованого акумулятора. При з'єднанні борна з міжелементною перемичкою до них приварюється верхня частина свинцевої втулки, запресованої у кришці. Це забезпечує надійне ущільнення отворів у місцях виводу борнів.



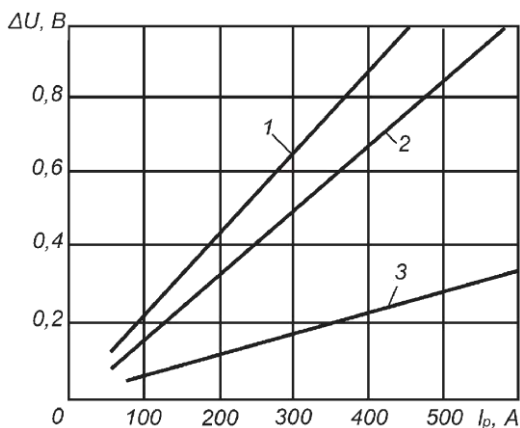
- а – зовнішні над кришкою; б – внутрішні над перегородкою;  
 в – внутрішні через отвір у перегородці;  
 1 – місток баретки; 2 – перегородка моноблока;  
 3 – борн баретки

Рисунок 4.8 – Міжелементні перемички акумуляторних батарей

Укорочені міжелементні перемички через перегородки поліетиленових моноблоків дозволяють зменшити внутрішній опір батареї й витрати свинцевого сплаву. Зниження спадання напруги на сполучних деталях дозволяє мати більше на 0,1-0,3 В напруги на виводах батареї при її роботі в стартерному режимі.

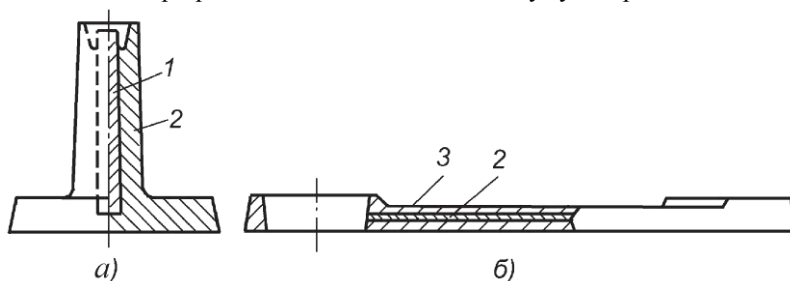
На рис. 4.9 наведена залежність спадання напруги  $\Delta U$  у перемичці між акумуляторами від сили розрядного струму  $I_p$  при різних способах з'єднання акумуляторів.

Для зменшення внутрішнього спадання напруги в батареях 6СТ-182, 6СТ-190 і 3СТ-215 борни й міжелементні перемички виконані у вигляді освинцьованих вкладишів з міді, що мають в 12 раз більшу електропровідність у порівнянні зі свинцево-сурьмяністими сплавами. На рис. 4.10 показані струмоведучі деталі з мідними вставками.



1 – над кришкою; 2 – під кришкою; 3 – через перегородку

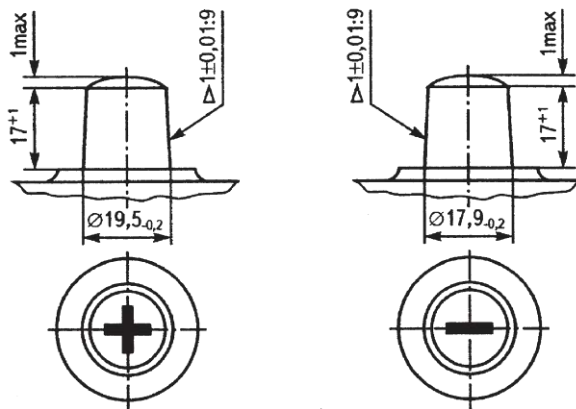
Рисунок 4.9 – Залежність спадання напруги  $\Delta U$  у перемичці між акумуляторами від сили розрядного струму  $I_p$  батареї при різних способах з'єднання акумуляторів



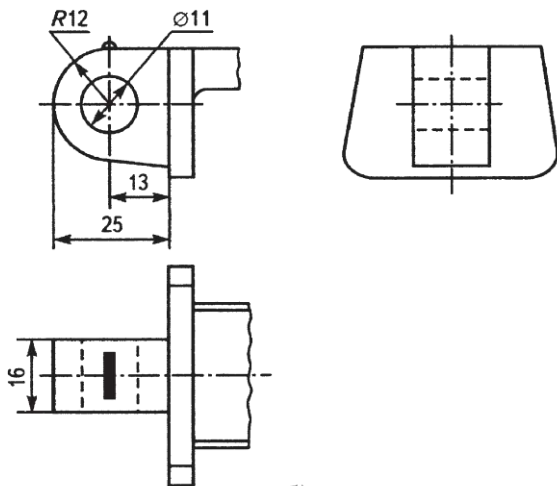
а – борн; б – міжелементна перемичка; 1 – мідний стрижень борна; 2 – свинцево-сурм'янистий сплав; 3 – мідна планка міжелементної перемички

Рисунок 4.10 – Струмоведачі деталі з мідними вставками

Поперечний переріз борнів і міжелементних перемичок батарей вибирається з умови, що спадання напруги на кожному з борнів становить 16 мВ на міжелементних перемичках – 20 мВ при силі струму  $3C_{20}$  А. До борнів крайніх акумуляторів приварюють конусні полюсні виводи (рис. 4.11). Розміри виводів стандартизовані.



a)



б)

а – конусні; б – з отворами під болт

Рисунок 4.11 – Полюсні виводи стартерних батарей

Діаметр конуса в основі позитивного виводу більший, ніж у негативного (у закордонних батареях розмір виводів вказується по верхньому діаметру конуса: 17,4 і 15,8 мм відповідно для позитивного й негативного виводів). У такий спосіб

виключається ймовірність неправильного підключення батареї в систему електроустаткування.

Деякі батареї мають виводи менших розмірів з отворами під болти або гвинти. Необслуговувані акумуляторні батареї, корпорація GNB випускає з обома типами виводів: конусними на кришці і бічними з різьбовими втулками. Це дозволяє забезпечити підключення до батареї сполучних проводів з різними конструктивними виконаннями наконечників. Залежно від ємності батареї, її номінальної напруги й типу транспортного засобу, відповідно передбачені й різні схеми розташування акумуляторів у батареї (рис. 4.12).

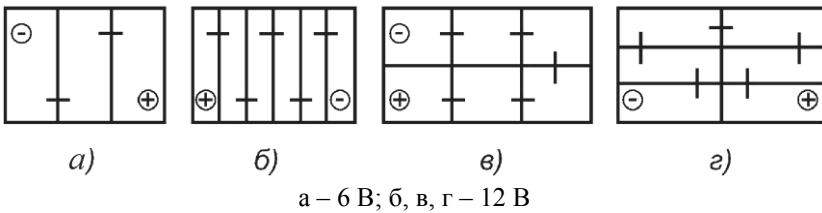


Рисунок 4.12 – Схеми розташування акумуляторів у вітчизняних батареях з номінальною напругою

**Електроліт** готується із сірчаної кислоти і дистильованої води. Від хімічної чистоти електроліту залежать характеристики й термін служби батареї. Кислоту підрозділяють на два сорти (А і Б) залежно від кількості домішок (табл. 4.3). Концентрована сірчана кислота являє собою прозору рідину без кольору й запаху щільністю  $1,83 \text{ г/см}^3$ , у якій утримується 94 % чистої сірчаної кислоти.

Температура кипіння кислоти складає  $33^\circ\text{C}$ . Температура електроліту, що заливається в акумулятори, повинна бути в межах  $15\text{-}30^\circ\text{C}$ . Залежно від кліматичних районів експлуатації в батареї заливають електроліт різної щільності (табл. 4.4), від якої залежить температура його замерзання (табл. 4.5). Норми витрати сірчаної кислоти й дистильованої води для приготування електроліту необхідної щільності наведені в табл. 4.6.

Вміст домішок (мг/л) у дистильованій воді, необхідної для готування електроліту, не повинен перевищувати перерахованих

значень:

залишок після випарювання 5,00;	алюміній 0,05;
залишок після прожарювання 1,00;	кальцій 0,80;
аміак і амонійні солі 0,02;	мідь 0,02;
нітрати 0,20;	свинець 0,05;
сульфати 0,50;	цинк 0,20;
хлориди 0,02;	відновлювані речовини 0,08.
залізо 0,05;	

Таблиця 4.3 – Вміст домішок у сірчаній кислоті, %

Домішки, %	Сорт А	Сорт Б
<b>Залізо</b>	0,00600	0,0120
<b>Марганець</b>	0,00005	0,0001
<b>Мідь</b>	0,00050	0,0005
<b>Миш'як</b>	0,00005	0,0001
<b>Оксиди азоту</b>	0,00005	0,0001
<b>Важкі метали (у перерахуванні на свинець)</b>	0,01000	0,0100
<b>Хлористі з'єднання</b>	0,00030	0,0005
<b>Залишок після прожарювання</b>	0,03000	0,0400

Таблиця 4.4 – Щільність електроліту

Макро-кліматичний район	Кліматичний район; середньомісячна температура повітря в січні, °С	Пора року	Щільність електроліту наведена до температури 25°С, г/см <sup>3</sup>	
			Залитого	Зарядженої батареї
Холодний	Дуже холодний: від -50 до -30	Зима	1,28	1,30
		Літо	1,24	1,26
		Цілий рік	1,26	1,28
Помірний	Помірний: від -15 до -3 Жаркий сухий: від -15 до 4 Теплий вологий: від 0 до 4	Зима	1,24	1,26
		Літо	1,22	1,24
		Цілий рік	1,20	1,22

Таблиця 4.5 – Температура замерзання електроліту

Щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см <sup>3</sup>	Температура замерзання, °С	Щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см <sup>3</sup>	Температура замерзання, °С
1,09	-7	1,24	-50
1,12	-10	1,26	-58
1,14	-14	1,29	-66
1,16	-18	1,30	-68
1,18	-22	1,40	-36
1,20	-28	1,50	-29
1,22	-40	1,70	-14
1,23	-42	1,80	+6

Таблиця 4.6 – Норми витрати компонентів для приготування 1 дм<sup>3</sup> (л) електроліту

Необхідна щільність електроліту, наведена до температури 25 °С, г/см <sup>3</sup>	Необхідна кількість компонентів, л			
	Вода	Кислота щільністю 1,83 г/см <sup>3</sup>	Вода	Електроліт щільністю 1,40 г/см <sup>3</sup>
1,20	0,859	0,200	—	—
1,21	0,849	0,211	0,475	0,525
1,22	0,839	0,221	—	—
1,23	0,829	0,231	0,425	0,575
1,24	0,819	0,242	0,400	0,600
1,25	0,809	0,252	0,375	0,625
1,26	0,800	0,263	0,350	0,650
1,27	0,790	0,274	0,325	0,675
1,28	0,781	0,285	0,300	0,700
1,29	0,771	0,296	0,275	0,725
1,30	0,761	0,306	0,250	0,750
1,31	0,750	0,316	0,225	0,775
1,40	0,650	0,423	—	1,000

Приготування електроліту з попередньо підготовленого й охолодженого до кімнатної температури розчину сірчаної кислоти щільністю 1,40 г/см<sup>3</sup> більш доцільне, тому що в цьому

випадку менше виділяється теплоти й потрібно менше часу.

### **Питання для самоперевірки**

1. Яке призначення акумуляторної батареї на транспортному засобі?
2. Як класифікують акумуляторні батареї?
3. Опишіть два способи підзарядки акумулятора.
4. Як можна визначити ідеальну швидкість заряду для свинцево-кислотної батареї?
5. Поясніть, чому важлива «щільність енергії» акумулятора.
6. Як можна виміряти внутрішній опір акумулятора?
7. Від чого залежать умови роботи акумуляторної батареї?
8. В яких температурних режимах можуть працювати стартерні свинцеві акумуляторні батареї?
9. До чого призводить підвищення температури електроліту в батареї вище експлуатаційних показників?
10. Які вимоги висувають до стартерних акумуляторних батарей?
11. Як обраховується мінімальний термін служби акумуляторної батареї в експлуатації?
12. Поясніть принцип дії свинцевого акумулятора.
13. Користуючись схемою поясніть устрій стартерних акумуляторних батарей транспортних засобів.
14. Які функції виконують решітки електродів?
15. З яких матеріалів виготовлюють решітки електродів?
16. Для чого призначені сепаратори?
17. З яких матеріалів виготовлюють сепаратори у стартерних свинцевих батареях?
18. З яких матеріалів виготовлюють корпус стартерних батарей?
19. Що дає застосування загальної кришки на всі акумулятори батареї?
20. Як забезпечується герметизація пробок батарей?
21. Для чого призначені міжелементні перемички?
22. Як готується електроліт?
23. Що являють собою необслуговувані батареї?
24. Поясніть устрій акумуляторної батареї з рулонними елементами.
25. Де і як можуть бути розміщені акумуляторні батареї на транспортному засобі?

26. Назвіть характеристики стартерних акумуляторних батарей.
27. Що показує вольт-амперна характеристика батареї?
28. Внаслідок чого відбувається саморозряд батарей?

## 5 СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПАЛИВА

Процес згоряння палива в двигунах із запалюванням від іскри та займанням від стиснення найкраще розглядати по черзі. Після багатьох років дослідження найбільш важливих практичних аспектів згорання ці процеси все ще викликають чимало запитань. Для отримання найновіших даних необхідно регулярно звертатися до відповідних джерел. Однак аналіз процесів згоряння палива необхідний для повного розуміння конструкцій і процесу функціонування електронних систем управління подачею палива в двигунах внутрішнього згоряння.

### 5.1 Процес згоряння у двигунах з іскровим запаленням

Спрощений опис процесу згоряння всередині циліндра двигуна із запалюванням від іскри виглядає наступним чином. Між електродами свічки запалювання проскакує інтенсивний електричний розряд, який має високу температуру, і який залишає за собою тонку нитку полум'я. Від цієї тонкої нитки, горіння поширюється по замкнутому об'єму суміші зі швидкістю, яка залежить головним чином від температури фронту полум'я, але також, хоч і в меншому ступені, від температури і щільності навколишньої суміші (рис. 5.1).

Таким чином утворюється згусток полум'я, який радіально поширюється від центру назовні до тих пір, поки весь об'єм суміші не займеться. У згустку містяться продукти згоряння з високою температурою, у той час як перед фронтом полум'я знаходиться стиснута і ще незгорівша суміш.

Якби вміст циліндра залишався у спокої, цей згусток би не руйнувався, але так як всередині циліндра зазвичай присутні газові вихри, тонкий шар полум'я перетворюється в рваний фронт, що збільшує область його дії і дуже збільшує швидкість поширення.

Швидкість процесу залежить від ступеня турбулентності, і водночас турбулентність мало впливає на напрям поширення, за винятком того, що утворення вихору накладає на весь процес певний відбиток.

Горіння можна розбити на дві стадії:

1. Виникнення стійкого полум'я.
2. Поширення полум'я на весь об'єм камери згоряння.

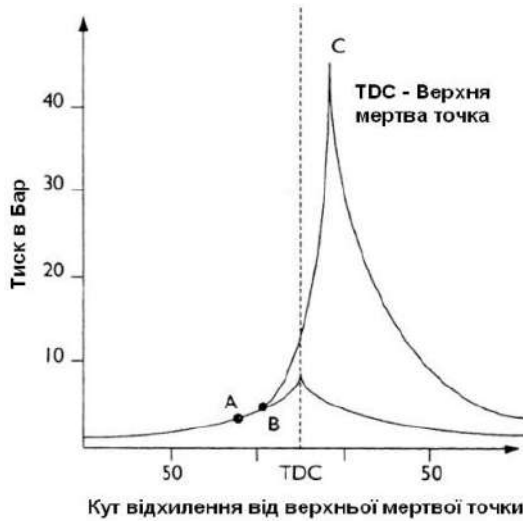


Рисунок 5.1 – Швидкість горіння палива

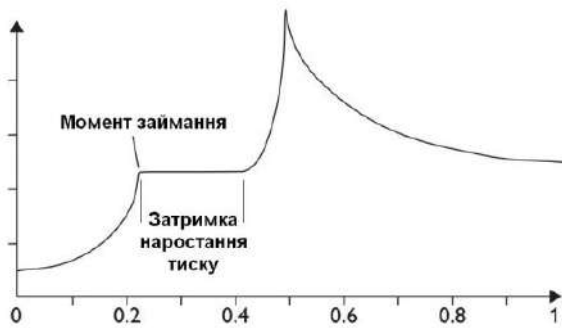


Рисунок 5.2 – Залежність тиску від температури при горінні палива, стисненого до температури самозаймання в постійному об'ємі

Перший процес описується хімічними законами і залежить від природи палива, температури і тиску в даний момент, а також швидкості, з якою паливо буде окислюватися, або горіти. Як видно на рис. 5.1, це інтервал від моменту появи іскри А до

моменту часу, коли буде помічено збільшення тиску від горіння суміші В.

Можна чітко продемонструвати цей період затримки займання. Якщо паливо спалюється в постійному об'ємі, будучи стиснутим до температури самозаймання, залежність тиску від часу виглядає так, як показано на рис. 5.2. Цей часовий інтервал характерний для всіх видів палива, але він може бути зменшений завдяки збільшенню температури суміші, при якій відбувається стиснення. Подібний результат можна продемонструвати в лабораторії при дослідженні ефекту впливу концентрації суміші на затримку займання.

Повертаючись до рис. 5.1, що показує хід процесу згоряння, ми бачимо, як тиск дуже швидко підвищується всередині циліндра двигуна від В до С, наближаючись до процесу «постійного об'єму» чотиритактного циклу. У той час як точка С являє піковий тиск в циліндрі і завершення поширення полум'я, через розшарування вивільнене ще не все доступне тепло, що можна розглядати як догоряння палива, яке триває протягом такту розширення.

**Діапазон і швидкість горіння** можна виразити графічно. На рис. 5.3 показана приблизна залежність між температурою полум'я і часом його поширення від моменту виникнення іскри для вуглеводневого палива. На рис. 5.4 показано співвідношення між температурою полум'я і концентрації суміші. На рис. 5.5 показано співвідношення між концентрацією суміші і швидкістю горіння.

Ці графіки показують, що мінімальний час затримки (від А до В) приблизно дорівнює 0,2 мс для злегка збагаченої суміші.

В той час як друга стадія (від В до С), взагалі кажучи, залежить від ступеня турбулентності суміші (і від швидкості обертання двигуна); по мірі збільшення швидкості обертання потрібне збільшення випередження моменту займання. На рис. 5.6 показаний вплив неправильного вибору часу займання.

При ранньому запалюванні спалах починається ще на фазі стиснення, що призводить до підвищення максимального тиску в циліндрі і зазвичай супроводжується зниженням температури вихлопу. При цьому збільшується швидкість горіння суміші, і процес в цілому має тенденцію до вибуху.

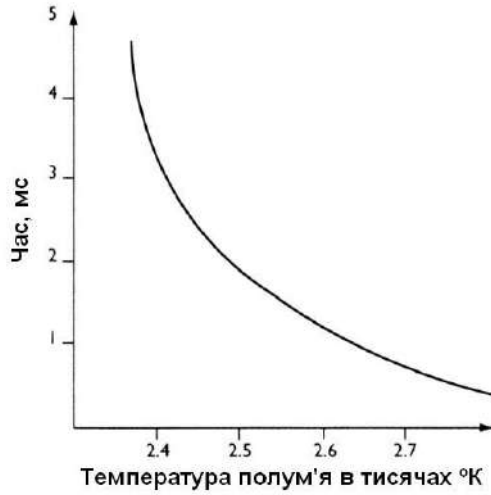


Рисунок 5.3 – Приблизна залежність між температурою полум'я і часом його поширення від моменту виникнення іскри для вуглеводневого палива

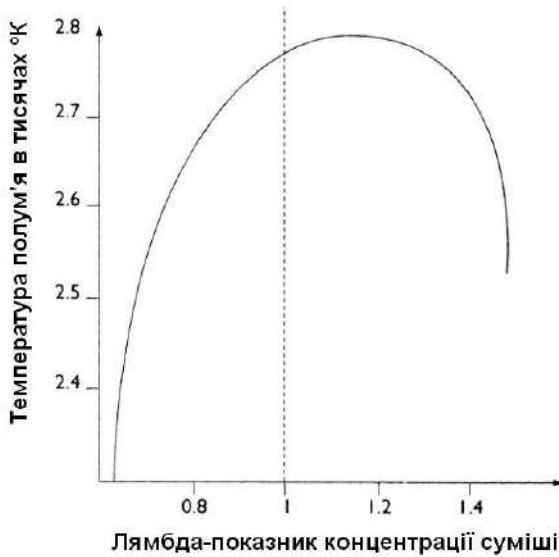


Рисунок 5.4 – Залежність між температурою полум'я і концентрацією суміші

## 5.2 Детонація

Явище детонації – це обмежуючий фактор для вихідної потужності та ефективності двигуна з іскровим запалюванням.

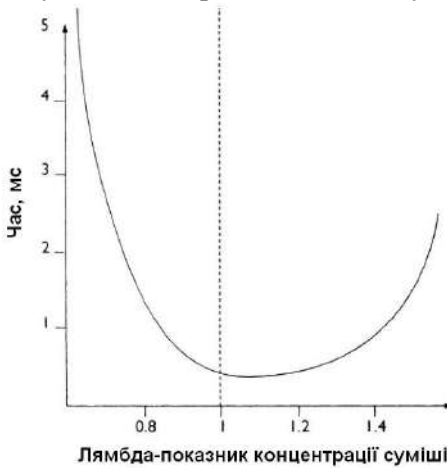


Рисунок 5.5 – Залежність між концентрацією суміші та швидкістю горіння

Механізм детонації – наростання всередині циліндра двигуна хвилі тиску, що рухається з такою швидкістю, що її удар об стінки циліндра і поршня примушує стінки циліндра вібрувати і таким чином видавати характерний «дзвін».

Коли іскра запалює горючу суміш з палива та повітря, ядро полум'я зростає спочатку повільно, а потім швидко прискорюється.

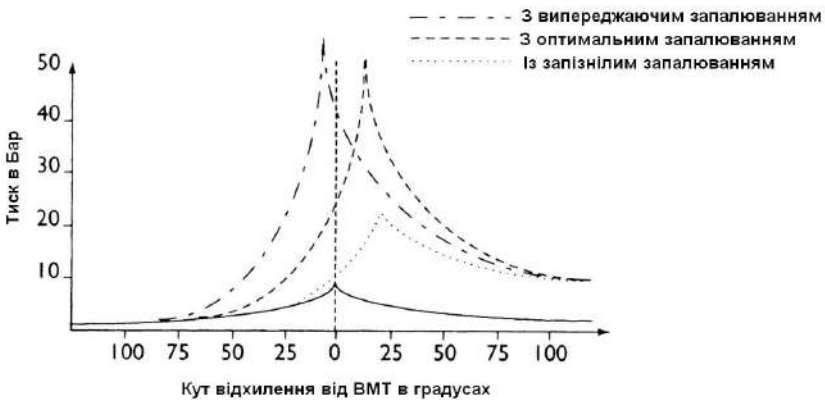


Рисунок 5.6 – Вплив вибору моменту займання на процес горіння палива

У міру того як фронт полум'я просувається, він стискає

перед собою ще не запалену суміш. Температура ще не запаленої суміші піднімається за рахунок стиснення і теплового випромінювання від полум'я що просувається, поки залишкова частина суміші не запалиться спонтанним вибухом. Хвиля тиску від цього вибуху проходить через палаючу суміш з дуже високою швидкістю, і стінки циліндра видають дзвінкий звук удару.

Детонація не представляє небезпеки при малих швидкостях руху, так як водії зазвичай уникають цього, знижуючи навантаження на двигун при першому ж попередженні. Але на більш високих швидкостях, коли рівень шуму руху високий, характерний звук детонації часто майже неможливо виявити. Детонація – надзвичайно небезпечне явище, яке здатне повністю зруйнувати двигун.

Висока температура стиснення і тиск сприяють детонації. Крім того, важлива здатність незгорівшої суміші поглинати або передавати тепло, що випромінюється пересувним фронтом полум'я. На цю здатність впливають прихована ентальпія (теплоємність) суміші і конструкція камери згорання. Остання повинна бути влаштована відповідним чином для адекватного охолодження незгорівшої частини суміші, наприклад, розміщенням її поблизу добре охолоджуваної області на кшталт клапану вхідного отвору.

Шлях фронту полум'я повинен бути максимально скорочений ретельним вибором розташування точки займання. Інші фактори включають час (і, отже, момент запалювання), так як реакція в суміші що незгоріла вимагає часу для свого розвитку, ступінь турбулентності (взагалі кажучи, більш високий ступінь турбулентності має тенденцію знижувати детонацію за рахунок зриву фронту полум'я) і, що найбільш важливо, схильність самого палива до детонації.

Деякі види палива в цьому відношенні поводяться трохи краще за інші. Щоб поліпшити якість палива, його можна обробити добавками (наприклад, тетраетилсвинцем). Однак це посилює і без того важку проблему викидів. Паливо з хорошими антидетонаційними властивостями – це ізооктан, а найбільш схильний до детонації звичайний гептан.

Щоб отримати октанове число або оцінку антидетонаційних властивостей конкретної суміші палива, тест виконують на

двигуні, який працює при ретельно контрольованих умовах, і початок детонації порівнюють з тими значеннями, які отримані від різних сумішей ізооктану і звичайного гептану.

Якщо робота двигуна ідентична, наприклад, роботі на суміші 90 % ізооктану і 10 % гептану, паливо має октанове число 90. Підмішування до палива води (або метанолу і води) може зменшити детонацію. Спиртовмісне паливо, яке дозволяє воді утримуватися в розчині, є корисним ще й тому, що завдяки прихованій ентальпії води дає можливість домогтися кращого використання палива.

**Передчасне займання** не так очевидно шкідливе, як детонація, але результати його набагато більш серйозні. Не існує такої характеристики, як «стукіт», і якщо він чутний взагалі, то виявляється як глухий удар. Так як це явище не можна відразу ж помітити, його дія часто завдає серйозної шкоди двигуну, так як може бути втрачено управління часом займання. Передчасне запалювання від іскри може статися без видимого ефекту. Більш серйозно самозаймання суміші, яке може статися до іскри. Небезпека передчасного займання криється не стільки в ранньому наростанні тиску, скільки у дуже потужному збільшенні теплового потоку до стінок циліндра і поршня. Максимальний тиск помітно не збільшується, хоча і може настати трохи раніше.

У двигуні з одним циліндром процес не є небезпечним, так як зниження потужності просто змусить двигун зупинитися. У багаточиліндровому двигуні залишаються циліндри (якщо спочатку порушена робота тільки одного з них) продовжать роботу на повній потужності і кількості обертів, підтягуючи циліндр з передчасним займанням за собою. Інтенсивний тепловий потік в дефектному циліндрі може привести до заклинювання поршня, що супроводжується його руйнуванням з катастрофічними результатами для всього двигуна.

Передчасне займання часто ініціюється якоюсь гарячою точкою, можливо, розпиляною частинкою сажі або погано охолодженою ділянкою об'єму згоряння. У деяких випадках, якщо використовується неправильна свічка запалювання, за передчасне запалювання відповідальні перегріті електроди, але частіше головною причиною є детонація.

Вибухова хвиля детонації відшукує залишки газів в поверхневій плівці на стінках циліндра, так що в підсумку головне джерело опору тепловому потоку видаляється і відбувається велике виділення тепла. Тут же виявляються будь-які слабкі місця в системі охолодження, і в результаті формуються гарячі точки, які швидко дають початок передчасного займання.

### **5.3 Конструкція камери згоряння**

Щоб уникнути настання детонації і передчасного займання, конструкторам доводиться ретельно продумувати розташування клапанів і свічок запалювання. Малі двигуни жорстко прив'язані до тарілчастого клапану. Це разом з обмеженнями по простору і наявністю високих ступенів стиснення дарує конструктору цікаві проблеми.

Камера згоряння повинна бути розроблена з урахуванням наступних факторів:

- ступінь стиснення повинна бути 9:1 для звичайного двигуна, 11:1 або 12:1 для двигуна більш високої якості;
- свічка (свічки) повинні бути розміщені так, щоб мінімізувати довжину шляху полум'я. Вони не повинні бути у «кишенях» або якимось інакше закриті, так як це зменшує ефективне охолодження, а також збільшує тенденцію до циклічних змін параметрів роботи циліндра.

Експерименти свідчать про значну зміну тиску протягом наступних тактів розширення. Ці зміни залежать від якості суміші в процесі роботи двигуна. Зниження навантаження і низькі ступені стиснення також погіршують умови протікання процесу. У той час як величина і положення точки максимального тиску змінюється, середній ефективний тиск і потужність двигуна залишаються незмінними.

### **5.4 Розшарування заряду по об'єму циліндра**

Дуже бідну суміш важко запалити, але вона має великий потенціал з точки зору зменшення шкідливих викидів та економії палива. Існує технічний метод, що дозволяє обійти проблему займання бідних сумішей – це розшарування заряду.

Доведено, що якщо концентрація суміші збільшена близько свічки і знижена в основній частині камери згоряння, в результаті середня концентрація суміші зменшиться, але збільшиться теплова ефективність. Цей спосіб розшарування практично нездійснений в звичайній карбюраторній системі.

Вирішення цієї проблеми – це пряме впорскування палива, або інжекція суміші, яка може дозволити бензиновому двигуну працювати на сумішах з відношеннями повітря-паливо близько 150:1. У цій області найбільш відома технологія прямої інжекції бензину (gasoline direct injection – GDI) від Mitsubishi.

### 5.5 Концентрація суміші і якість роботи двигуна

Ефект зміни концентрації суміші при збереженні постійними положення дросельної заслінки, швидкості обертання двигуна і моменту займання, показаний на рис. 5.7.

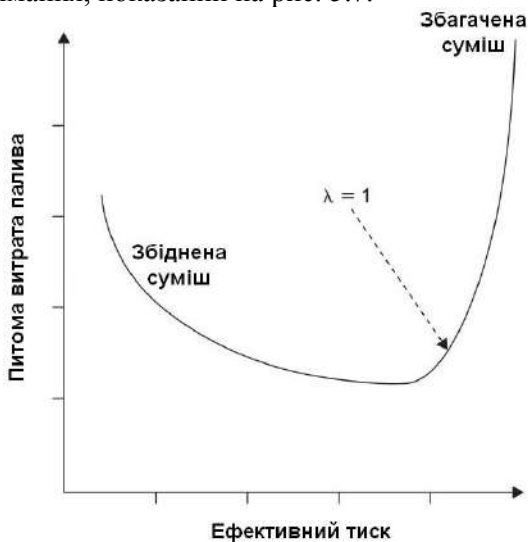


Рисунок 5.7- Зміна концентрації суміші при збереженні постійними положення дросельної заслінки, швидкості обертання й моменту запалювання

На рис. 5.8 показаний вплив дроселя на витрату палива із одночасною зміною концентрації суміші.

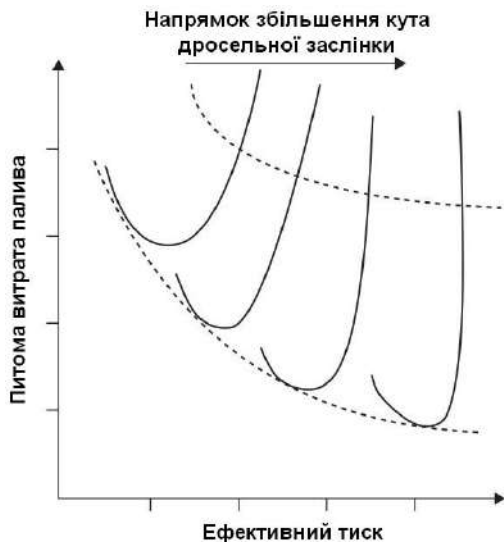


Рисунок 5.8 – Вплив на витрату палива ступеня відкриття дроселя при різних концентраціях суміші

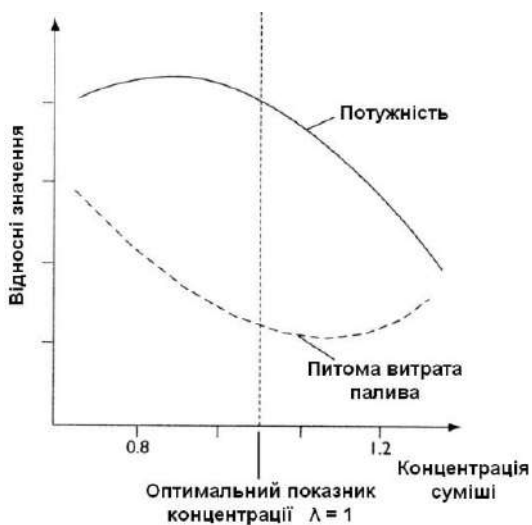


Рисунок 5.9 – Зміна вихідної потужності і споживання палива при зміні якості суміші

Хімічно правильний склад суміші (приблизно 14,7:1) лежить між відношенням, яке забезпечує максимальну потужність (12:1), і відношенням, що створює умови мінімального споживання палива (16:1).

Стехіометричне відношення 14,7:1 відоме як значення лямбда-показника, дорівнює 1. На рис. 5.9 показано зміна вихідної потужності і споживання палива в залежності від зміни якості паливно-повітряної суміші.

## **5.6 Двигуни із запалюванням від стиснення**

Процес згоряння у двигуні із запалюванням від стиснення відрізняється від процесу у двигуні з іскровим запаленням. У даному випадку паливо вводиться в рідкому стані до сильно стиснутого в циліндрі двигуна порції повітря, яке має високу температуру. Кожна найдрібніша крапелька палива, як тільки вона входить в сильно нагріте повітря, швидко оточується покривалом з її власного пара. Ця пара навколо поверхні крапельки через певний час запалюється. Поперечний переріз будь-якої крапельки в той момент показав би центральне ядро рідини оточене тонкою плівкою пари, з зовнішнім шаром полум'я на ній. Ця послідовність випаровування і горіння зберігається, поки триває процес згоряння палива.

Процес згоряння (окислення) вуглеводневого палива сам по собі є тривалим процесом, але він може бути прискорений штучно. Окислення палива відбуватиметься у повітрі і при нормальних атмосферних температурах, але воно помітно прискориться, якщо підняти температуру. Окислення зажадає років при 20°C, кілька днів при 200°C і лише кілька хвилин при 250°C. У цих випадках швидкість зростання температури через окислення менше швидкості, з якою тепло втрачається через конвекцію і теплове випромінювання. В кінцевому рахунку, в міру збільшення температури досягається критична стадія процесу, коли кількість тепла, створюваного окисленням, стає більшою, ніж розсіюється.

Далі температура продовжує підвищуватися автоматично. Це у свою чергу, прискорює процес окислення з вивільненням тепла. Тепер події відбуваються дуже швидко, з'являється стійке полум'я, і паливо швидко запалюється. Температуру, при якій

настає критична зміна, зазвичай називають температурою самозаймання палива. Вона залежить від багатьох чинників, таких як тиск, час і характеристики передачі тепла від початкової точки окислення далі в камеру згорання.

Тепер розглянемо упорскування палива у вигляді краплі в гарячу камеру згорання. При температурі набагато вище точки займання сама крайня частина зовнішньої поверхні краплі негайно починає випаровуватися, оточуючи ядро тонкої плівкою пари. Це призводить до передачі тепла від повітря, що оточує крапельку, на приховану теплоту випаровування. Цей процес супроводжується відбором тепла від всієї маси гарячого повітря.

Займання парової оболонки може статися навіть тоді, коли ядро крапельки все ще рідке і відносно холодне. Як тільки полум'я встановиться, процес згорання піде при більш високій швидкості. Виникає період затримки з моменту, як починається впорскування, і до моменту, коли настане займання. Цей період затримки залежить від:

- перевищення температурою повітря температури самозаймання палива;
- тиску повітря (що пов'язано з кількістю кисню і поліпшенням теплопередачі між гарячим повітрям та холодним паливом).

Після періоду затримки швидкість подальшого горіння залежить від тієї швидкості, з якою нові порції кисню надходять до кожної палаючої крапельки. Відносна швидкість крапельки до найближчого повітря має, таким чином, істотне значення. У двигуні з запалюванням від стиснення паливо вводиться на інтервалі не більше ніж за 40-50° кута поворота колінвалу від ВМТ. Це означає, що паливо, введене першим, поглинає частину кисню і, можливо, створює дефіцит кисню для останніх порцій палива.

Потрібна певна ступінь турбулентності повітря, щоб згорілі гази були видалені із зони інжектора, і в контакт з паливом увійшло свіже повітря. Ясно, що турбулентність має бути створена належним чином, а не бути хаотичною, як у двигуні із запалюванням від іскри, де вона необхідна тільки для того, щоб розбити фронт полум'я.

У двигуні з запалюванням від стиску згорання може бути

представлено в трьох різних фазах, показаних на рис. 5.10: період затримки; швидке підвищення тиску; догорання палива, тобто паливо продовжує горіти, віддаляючись від інжектора.

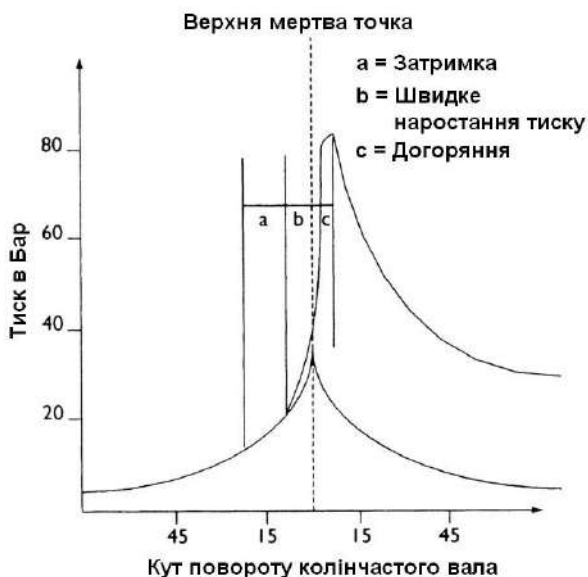


Рисунок 5.10 – Фази згорання палива в дизельному двигуні

Чим довша затримка, тим більш значним і швидшим буде підвищення тиску, так як в циліндрі буде присутнє більше палива до того моменту, як швидкість горіння потрапить у пряму залежність від швидкості упорскування.

Мета регулювання процесу горіння полягає в тому, щоб максимально зменшити затримку для більш спокійного горіння, усунення детонації, а також щоб підтримувати контроль над зміною тиску. Є, однак, нижня межа затримки, оскільки без затримки усі крапельки згорали б, як тільки вони вилетіли з сопла. Це зробило б майже неможливим забезпечення достатнього припливу повітря в межах концентрованого струменя крапель. Тому період затримки необхідний для належного розподілу палива. Період затримки залежить,

відповідно, від:

- тиску і температури повітря;
- октанового числа палива;
- мінливості складу й прихованої теплоти (ентальпії) палива;
- розміру крапель;
- керованої турбулентності.

Розмір крапельки важливий, оскільки швидкість горіння крапель залежить, перш за все, від швидкості, з якою кисень стає доступним для контакту з палаючою краплею. Це важливо для крапельки, що долає деяку відстань від сопла, навколо якого пізніше сконцентрується вогнище горіння. Звідси розмір крапельок повинен бути досить великим, щоб отримати необхідний імпульс в процесі інжекції. З іншого боку, чим менше крапелька, тим більша відносна площа поверхні реакції і коротше період затримки. Ясно, що необхідний компроміс лежить між цими двома факторами.

При високих ступенях стиснення (15:1 і вище) температура і тиск піднімаються настільки, що затримка зменшується, що є перевагою. Однак більш високі ступені стиснення створюють проблеми для механіки, а також для проектування камер, згоряння, особливо в маленьких двигунах, де проліт крапель займає більшу частину допустимого простору камери згоряння.

## **5.7 Конструкція камери згоряння дизельного двигуна**

Камера згоряння двигуна повинна:

- створити необхідний ступінь стиснення;
- забезпечити необхідну турбулентність;
- правильно розмістити і оптимально скоординувати дію клапанів і інжектору.

Ці вимоги взаємозалежні. Турбулентність зазвичай виходить за рахунок факторів об'єму. Конструктивно складні втоплені впускні клапани або спрямовані дотично повітряні канали створюють перешкоди повітряному струменю і тому мало придатні для застосування на високооборотних двигунах.

Щоб допомогти у вентиляції камери, можуть використовуватися чотири або навіть шість клапанів на циліндр. Переваги такої конструкції полягають в збереженні центрального

положення інжектора – бажаної мети для двигунів прямого впорскування. Навпаки, збільшення розмірів клапана і пов'язаний з цим його високий підйом, крім механічних проблем, зазвичай вимагають спеціальних пазів на поршні для створення повітряних потоків.

Напівсферична камера згоряння допомагає збільшити область, доступу для клапанів, за рахунок використання Бокового інжектора. Камери попереднього згоряння, будь то повітряний елемент або камера «вихрового згоряння», мають загальний недолік. Температурні навантаження в цій зоні надзвичайно високі, і камери схильні до відмови через порушення властивостей металу – принаймні, знаходяться в стані ризику з того моменту, як вони зобов'язані створювати «гарячу точку», щоб допомогти згорянню. Не існує ніякого унікального рішення, і створювана в результаті камера згоряння – це завжди компроміс.

## **5.8 Постачання двигуна паливом і шкідливі викиди. Режими експлуатації**

Ідеальне відношення «повітря/паливо» приблизно дорівнює 14,7:1. Це теоретична кількість повітря, необхідна для повного згоряння палива. Вона визначає лямбда-показник ( $\lambda$ ) зі значенням 1, тобто  $\lambda = (\text{фактична кількість повітря}) / (\text{теоретична кількість повітря})$ .

Повітряно-паливне відношення при різних експлуатаційних режимах двигуна змінюється, щоб поліпшити якість його роботи, ходові властивості автомобіля, споживання палива і склад відпрацьованих газів. Перелічимо основні режими роботи двигуна з точки зору використовуваної суміші:

- холодний старт – збагачена суміш необхідна для компенсації конденсації палива та поліпшення ходових якостей автомобіля в цьому режимі;
- навантаження або прискорення – збагачена суміш покращує роботу двигуна;
- рівномірної їзди або легкі навантаження – збіднена суміш дозволяє економити паливо;
- поза межний режим – дуже бідна суміш (наскільки можливо) використовується, щоб поліпшити склад

вихлопних газів і підвищити економічність двигуна.

Чим точніше управління якістю повітряно-паливної суміші, тим краща в цілому робота двигуна.

**Вихлопні гази.** На рис. 5.11 показані теоретичні та фактичні результати аналізу продуктів згоряння палива.

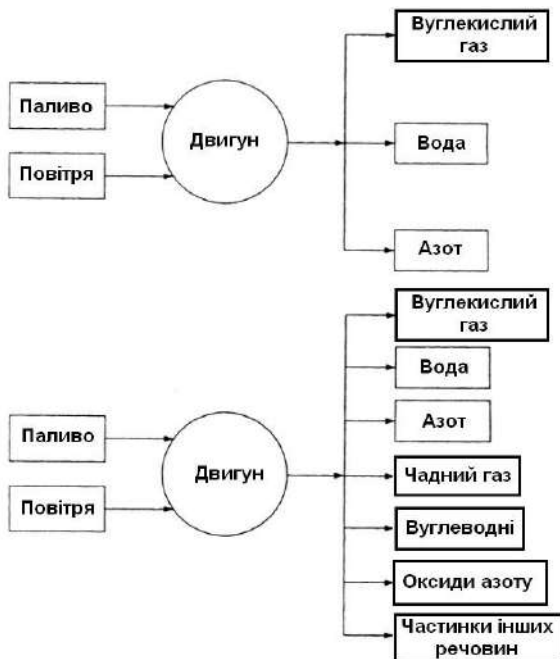


Рисунок 5.11 – Теоретичні результати горіння вуглеводневого палива і фактичні результати аналізу продуктів згоряння

Верхня частина рисунка – це ідеальна картина, нижня частина – реальний результат при нормальних умовах. Відзначимо, що цей результат отримано при подальшій обробці вихлопу, наприклад, каталітичним конвертером.

На рис. 5.12. показано процентне співвідношення різних складових вихлопних газів. Обсяг забруднювачів є малим, але з огляду на те, що вони виключно отруйні, їх присутність вкрай небажана.

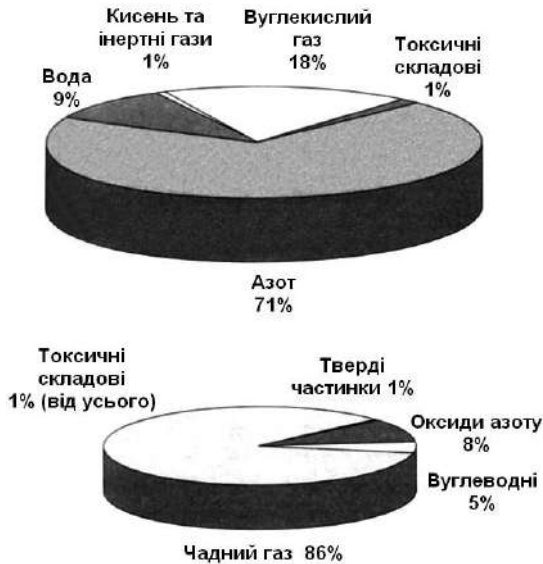


Рисунок 5.12 – Складові вихлопу двигуна внутрішнього згоряння

Сьогодні існують суворі законодавчі заходи, спрямовані на заохочення скорочення викидів. Фактичні значення обсягів викидів змінюються в залежності від конструкції двигуна, режимів експлуатації, температури, рівномірності руху і деяких інших чинників.

## 5.9 Інші джерела забруднень

Головне джерело шкідливих викидів транспортного засобу – вихлоп двигуна, але необхідно досліджувати і інші області, що стосуються транспортних засобів.

Оскільки в паливі присутня сірка, областю протистояння між автовиробниками і нафтовими компаніями є питання про те, хто повинен нести витрати з уловлювання паливних випарів на бензозаправних станціях. Проблема емісії паливних випарів (evaporated fuel emissions – EFES) стала головною метою для захисників навколишнього середовища. Оскільки приблизно 10 % палива випаровується в атмосферу тільки в процесі

заправки автомобіля паливом.

У США нафтові компанії виграли битву. А тому всі автомобілі, виготовлені з початку 1998 року, повинні бути обладнані 10-літровими каністрами, заповненими деревним вугіллям, щоб вловлювати і поглинати пари палива. Результат суперечки в Європі досі не визначений, тут йдуть серйозні дебати щодо того, чи повинен збір випарів на заправках бути сферою відповідальності нафтових компаній.

Все ще залишається відкритим питання запобігання випарів безпосередньо з паливного трубопроводу – ще одна ключова проблема для виробника транспортного засобу. Технологічні досягнення в конструкції фактично збільшують паливні випаровування зсереди системи забезпечення паливом.

Це відбувається через зростаюче використання пластмас для виготовлення паливопроводів замість металу. Оскільки пластмаси дозволяють бензиновій парі потрапляти в атмосферу. Близькість до паливного баку каталітичних нейтралізаторів, які виробляють величезну кількість тепла, призводить до того що паливо сильно нагрівається і тому більш схильне випаровуватися.

Величина випарів вимірюється в «шедах». Шед («shed» – Sealed Housing for Evaporative Determination – SHED) – це герметичний бокс для визначення випарів палива автомобіля, він використовується двома способами.

1-й спосіб. Транспорт засіб заправлений на 40 % максимального об'єму палива поміщають в камеру і нагрівають (приблизно в діапазоні 14-28 °C), далі вимірюється збільшення концентрації вуглеводнів у повітрі камери.

2-й спосіб. Транспортний засіб спочатку нагрівається впродовж нормального випробувального циклу, а вже потім розміщується в камері. Збільшення концентрації вуглеводнів вимірюється щогодини.

### **5.10 Етиловане і неетиловане паливо**

Тетраетилсвинець вперше почали додавати в бензин в 1920-х роках з метою сповільнити швидкість горіння, поліпшити процес згоряння і збільшити октанове число палива. Це обходилося дешевше, ніж подальше очищення палива бензиновими компаніями.

Перший реальний крок до використання неетилованого палива був зроблений в Лос-Анджелесі в Каліфорнії. Щоб зменшити серйозну для цього міста проблему смогу, вирішено було використовувати каталітичні конвертери. Однак якщо використовувалося етиловане паливо каталізатор виводився з ладу. Подальше дослідження показало, що свинець також викликає пошкодження головного мозку у дітей, це сповістило кінець ери етилованого палива.

Також згодом був визначений ступінь негативного впливу на навколишнє середовище добавок, що використовуються замість свинцю. Два головних злочинця це бензол, який нерозривно пов'язаний з лейкемією, і антиокислювальна присадка МТВВ (Methyl tertiary butyl), що отрує воду і отруйний майже для всіх живих істот. Ці добавки потенційно набагато страшніші проблеми, ніж свинець, який як згодом виявилось, не такий вже й страшний, як думали на початку.

Важливо, однак, відзначити, що всі ці питання добавок до палива знаходиться ще в стадії обговорення, і для повністю аргументованого висновку необхідні подальші дослідження. Але втім слід зазначити що будь-яка технологічна проблема виявляється набагато більш складною, ніж та причина, через яку вона досліджується в перший раз.

Сучасні двигуни тепер розробляються для роботи на неетилованому паливі, при цьому проводиться зміцнення посадкових місць (сідел) випускних клапанів. В Європі етиловане паливо нині повністю виведено з виробництва. Це стало проблемою для власників класичних, старих транспортних засобів. В принципі, відомо багато видів добавок, але вони не такі хороші як тетраетилсвинець:

- всі двигуни з чавунними голівками, що не мають спеціального посилення сідел випускних клапанів, схильні до ризику пошкодження при роботі на неетилованому паливі. Ступінь пошкодження залежить від конструкції і від обертів двигуна. Ніякі бензинові добавки не запобігають прогару сідла клапана повністю. Одні краще, інші гірше, але жодна з них не замінить дію свинцю;
- мінімальний критичний рівень свинцю в паливі –

приблизно 0,07 г на літр. Справжній рівень в деяких видах етилованого палива становить 0,15 г на літр, і ймовірно, можна успішно змішувати етилований і неетилований бензин;

- неможливо точно передбачити швидкість зносу двигуна, нерідко переважає знос тільки в одному циліндрі;
- установка підсилених клапанів або виконання закалка посадочних місць ефективно на всіх двигунах, де ці роботи можуть бути зроблені;
- тести, проведені компанією Rover, виправдовують теорію, що хоча неетилований бензин і пошкоджує всі чавунні головки, менш допитливий водій не буде помічати ніяких проблем з двигуном, поки не подолає певну відстань, яку міг би подолати на етилованому паливі;
- коли незахищені двигуни перевіряють на стенді при роботі з неетилованим паливом і потім повністю розбирають, пошкодження завжди будуть помітні. Однак водії рідко скаржаться на неприємність в роботі від неетилованого палива, можливо, тому, що вони ще не ремонтували свій двигун або не набрали відповідну величину пробігу.

### **Питання для самоперевірки**

1. Від чого залежить швидкість процесу згоряння паливної суміші?
2. Поясніть, що позначається лямбдою ( $\lambda$ ) зі значенням 1?
3. Обґрунтуйте п'ять переваг впорскування палива.
4. Опишіть вплив вибору часу запалення на процес згоряння палива.
5. Опишіть вплив якості суміші на процес згоряння.
6. Намалюйте блок-схему паливної системи впорскування, та опишіть коротко призначення кожного компонента.
7. Поясніть процес згоряння палива в дизельному двигуні.
8. Як здійснюється електронне керування процесом впорскування дизельного палива?
9. Обґрунтуйте переваги метода EUI.
10. Перелічіть всі головні компоненти електронної системи

керування карбюратором і обґрунтуйте призначення кожного компонента.

11. Зробіть чіткий ескіз, що показує дію паливного інжектора.
12. Опишіть шість джерел шкідливих викидів транспортного засобу й коротко розкажіть, як виготовлювачі автомобілів борються з кожним з них.
13. Які вимоги висуваються до конструкції камери згоряння дизельного двигуна?
14. Перелічіть основні режими роботи двигуна з точки зору використовуваної суміші.
15. В чому полягає різниця між етилованим і неетилованим паливом?
16. Якими параметрами визначається початок впорскування палива у дизельному двигуні?
17. Які основні вимоги до подачі палива в системі з нагрітою ниткою?
18. Розкажіть принцип дії потенціометра.
19. Поясніть особливості технології спалювання бідних сумішей (Mazda).
20. Чим була зумовлена розробка систем впорскування палива із загальним паливопроводом для дизелів?
21. Які складові частини п'єзоінжектора і як він працює?
22. Розкажіть принцип дії дизельного фільтру мікрочасток вихлопу.
23. Яке призначення реагенту AdBlue?
24. Розкажіть загальний алгоритм діагностики помилок системи керування подачею палива.

## 6 СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ

### 6.1 Функціональні вимоги до систем запалювання

Основне призначення системи запалювання полягає в тому, щоб забезпечити іскроутворення в циліндрі в кінці фази стиску й запалювати стислий обсяг паливної повітряної суміші.

Щоб іскра пробила повітряний проміжок 0,6 мм при нормальних атмосферних умовах (1 бар) потрібна напруга 2-3 кВ. Щоб іскра пробила подібний проміжок у циліндрі двигуна, що має ступінь стиску 8:1, буде потрібно вже приблизно 8 кВ.

Для більш високих ступенів стиску й більш слабких сумішей, може знадобитися напруга до 20 кВ. Система запалювання повинна перетворювати нормальну напругу батареї 12 В до рівня порядку 8-20 кВ і крім того, повинна підвести цю високу напругу до потрібного циліндра в потрібний час. Деякі системи запалювання можуть створювати напругу порядку 40 кВ.

Звичайне (класичне) запалювання є попередником сучасної системи, якою управляє електроніка. Слід відмітити, що принципи функціонування більшості систем запалювання дуже схожі. Одна обмотка котушки підключається до джерела живлення, потім струм у ній переривається, створюючи високу напругу в другій обмотці. Система запалювання з котушкою складається з різних компонентів і вузлів, параметри й конструкція яких залежать в основному від двигуна, у якому система повинна використовуватися.

При розгляді конструкції системи запалювання необхідно взяти до уваги безліч факторів, і найважливішими з них будуть:

- конструкція камери згоряння;
- якість повітряно-паливної суміші;
- діапазон швидкостей двигуна;
- навантаження двигуна;
- температура згоряння палива;
- призначення двигуна;
- регулювання состава продуктів згоряння.

Залежно від способу керування процесом запалювання розрізняють наступні **типи систем запалювання**: контактна, безконтактна (транзисторна) і електронна (мікропроцесорна).

Серцем системи запалювання є **котушка запалювання**, тому що вона забезпечує створення високої напруги в системі.

Котушка запалювання застосовується в усіх системах запалювання: контактній, безконтактній, електронній. За своєю суттю котушка запалювання це трансформатор з двома обмотками. Розрізняють такі типи котушок запалювання: загальна, індивідуальна і здвоєна.

## **6.2 Загальна котушка запалювання**

Загальна котушка запалювання застосовується в контактній, безконтактній системах запалювання і електронній системі запалювання з розподільником.

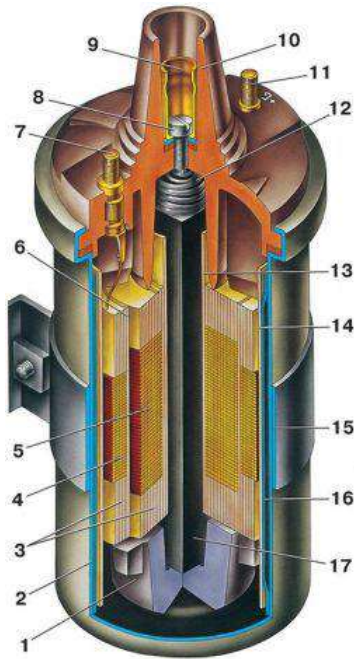
Котушка запалювання має наступний устрій. Котушка об'єднує дві обмотки – первинну і вторинну. Первинна обмотка містить від 100 до 150 витків товстого мідного дроту. Для попередження стрибків напруги і короткого замикання дріт ізольований. Первинна обмотка має два низьковольтних виводу на кришці котушки запалювання.

Вторинна обмотка має від 15 000 до 30 000 витків тонкого мідного дроту. Вторинна обмотка знаходиться всередині первинної обмотки. Один кінець вторинної обмотки з'єднаний з негативною клемою первинної обмотки, інший – з центральною клемою на кришці, що забезпечує вивід високої напруги.

Для підвищення сили магнітного поля обмотки розташовуються навколо залізного сердечника. Обмотки разом з сердечником поміщені в корпус з ізолюючої кришкою. Для запобігання токового нагріву котушка заповнена трансформаторним маслом.

Основними характеристиками котушки запалювання є опір обмоток, який для кожної моделі індивідуальний. Для прикладу, опір первинної обмотки становить близько 3-3,5 Ом, вторинної обмотки – 5 000-9 000 Ом.

Відхилення величини опору обмотки від нормативного значення свідчить про несправність котушки. Робота котушки запалювання заснована на виникненні у вторинній обмотці високої напруги при проходженні по первинній обмотці імпульсу струму низької напруги.



- 1 – ізолятор; 2 – корпус;
- 3 – ізоляційний папір;
- 4 – первинна обмотка;
- 5 – вторинна обмотка;
- 6 – ізоляція між обмотками;
- 7 – клема виведення первинної обмотки; 8 – контактний гвинт;
- 9 – центральна клема;
- 10 – кришка; 11 – клема виводів первинної і вторинної обмотки;
- 12 – пружина центральної клеми;
- 13 – каркас вторинної обмотки;
- 14 – зовнішня ізоляція первинної обмотки;
- 15 – скоба кріплення котушки;
- 16 – зовнішній магнітопровід;
- 17 -сердечник

Рисунок 6.1 – Загальна котушка запалювання

При проходженні через первинну обмотку струму створюється магнітне поле. При відсіченні струму магнітне поле наводить у вторинній обмотці струм високої напруги, який виводиться через центральну клему котушки і за допомогою розподільника подається до свічок запалювання.

### 6.3 Індивідуальна котушка запалювання

Індивідуальна котушка запалювання застосовується в електронній системі прямого запалювання. Як і загальна котушка запалювання, вона включає первинну і вторинну обмотки. Тут, навпаки, первинна обмотка знаходиться всередині вторинної. У первинній обмотці встановлений внутрішній сердечник, а навколо вторинної – зовнішній сердечник.

В індивідуальній котушці запалювання можуть розташовуватися електронні компоненти запалювача. Висока

напруга, що виробляється у вторинній обмотці, подається безпосередньо на свічку запалювання за допомогою наконечника, що включає стрижень високої напруги, пружину та ізолюючу оболонку. Для швидкого відсікання струму високої напруги у вторинній обмотці встановлюється діод високої напруги.



Рисунок 6.2 – Індивідуальні котушки запалювання

#### **6.4 Здвоєна котушка запалювання**

Здвоєна котушка запалювання (інше найменування – двохвивідна котушка запалювання) застосовується в багатьох конструкціях електронної системи прямого запалювання. Здвоєна котушка має два високовольних виводи, які забезпечують синхронне отримання іскри двома циліндрами одночасно. При цьому тільки один циліндр знаходиться в кінці такту стиснення. В іншому циліндрі іскра виникає вхолосту на такті випуску відпрацьованих газів.

Двохвивідна котушка запалювання може мати різне з'єднання зі свічками запалювання:

- за допомогою проводу високої напруги;
- одна свіча – безпосередньо через наконечник, інша – за допомогою дроту високої напруги.

Конструктивно дві двохвивідні котушки можуть об'єднуватися в єдиний блок, який носить власну назву – чотириохвивідна котушка запалювання.

## **6.5 Генерація високої напруги для свічок запалювання**

У перші 20 років минулого століття двигуни автомобілів для запалювання паливної суміші зазвичай оснащувалися магнето, тобто генератором високої напруги, який приводився від двигуна й не вимагав наявності акумулятора.

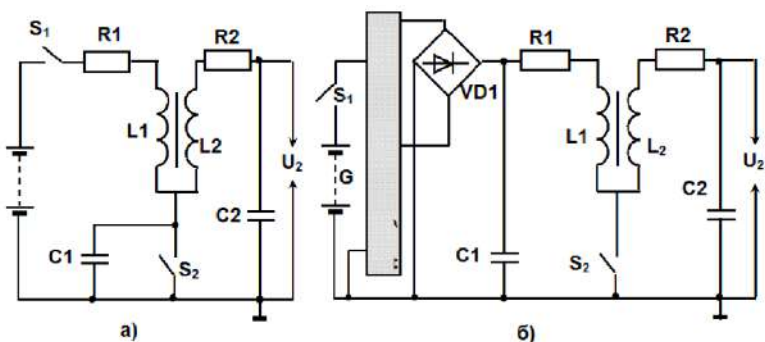
Проте для роботи світлових приладів автомобіля все одно був потрібен акумулятор, тому стара система запалювання була поступово витиснута більш прогресивною – котушковою, яка була вперше запатентована у 1908 р. К.Ф. Кеттерінгом з «Dayton Engeneering Laboratories Company» (DELCO) і не перетерпіла істотних змін за минулі 100 років. Проте розвиток електроніки поклав кінець монополії Кеттерінга, і за останні 20 років у конструкцію систем запалювання було внесено змін більше, чим за всі попередні роки.

Отже, батарейно-котушкова система запалювання все ще застосовується на багатьох автомобілях, і розуміння принципів її роботи має велике значення, хоча тепер вона є лише частиною великої групи різноманітних систем.

По способу накопичення енергії розрізняють системи з накопиченням енергії в індуктивності і в ємності (рис. 6.3). В обох випадках для одержання імпульсу високої напруги використовується котушка запалювання, яка представляє собою високовольний трансформатор, що містить дві обмотки: первинну з малим числом витків і омичним опором у долі й одиниці Ом, і вторинну з більшим числом витків і омичним опором в одиниці й десятки кОм.

Коефіцієнт трансформації котушки лежить у межах 50÷150. Значна кількість енергії, яка потрібно для запалення робочої суміші, накопичити в конденсаторі (ємності) прийнятних розмірів при досить низькій напрузі бортової мережі неможливо, і тому система, представлена на рис. 6.3, б, обладнана

високовольтним перетворювачем напруги. Таке ускладнення не дає істотних переваг, тому системи з накопиченням енергії в ємності на автомобілях практично не застосовуються.



а – з накопиченням енергії в індуктивності;  
б – з накопиченням енергії в ємності

Рисунок 6.3 – схеми запалювання

Принцип роботи схеми, зображеної на рис. 6.3, а, характерний для всіх систем запалювання, встановлюваних на автомобілях. Вимикач запалювання  $S_1$  включає систему в мережу живлення.

При обертанні вала двигуна відбувається замикання контактів механізму переривника  $S_2$ , і струм  $I_1$  починає наростати в первинному ланцюзі котушки запалювання по експоненті (рис. 6.4, а).

У момент, необхідний для подачі іскрового імпульсу на запалювання (напруга  $U_2$ ), переривник  $S_2$  розриває свої контакти, після чого виникає коливальний процес, пов'язаний з обміном енергією між магнітним полем котушки й електричним полем у ємностях  $C_1$  і  $C_2$ . Амплітуда коливань напруги, прикладеної до електродів свічі  $U_2$ , убуває по експоненті (штрихова лінія на рис. 6.4, б).

Однак має інтерес лише перша півхвиля напруги, тому що, якщо її максимальне значення  $U_{2m}$  перевищує напруга пробую іскрового проміжку  $U_n$ , то виникає необхідна для запалювання іскра.

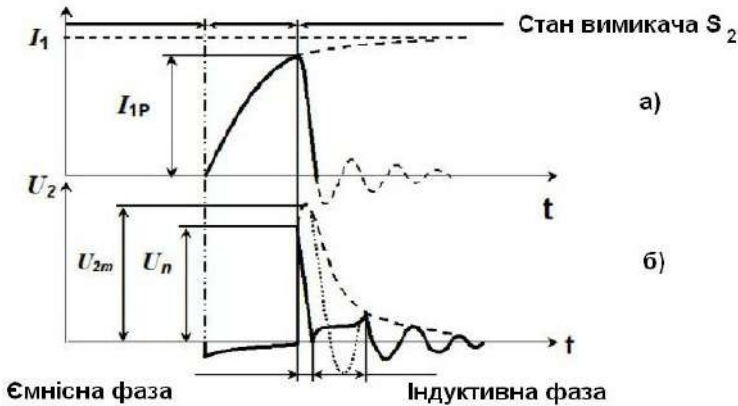


Рисунок 6.4 – Епюри струму в первинному ланцюзі (а) і напруга у вторинному ланцюзі (б) системи запалювання

Величина  $U_{2m}$  залежить від коефіцієнта трансформації котушки запалювання  $K_T = W_2/W_1$  ( $W_1$  і  $W_2$  відповідно число витків первинної й вторинної обмоток котушки), струму первинної обмотки в момент розриву  $I_p$ , а також індуктивності  $L_1$  і ємності  $C_1$  первинної й  $C_2$  вторинного ланцюгів:

$$U_{2m} \approx I_{1p} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{C_1 \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 + C_2}} \cdot K_T \quad (6.1)$$

Коефіцієнт  $K_{\Pi}$  враховує втрату енергії в активних опорах первинної  $R_1$  і вторинного  $R_2$  ланцюгів, в опорі нагару  $R_{ш}$ , шунтуючого іскровий проміжок, а також у сердечнику котушки при його перемагнічуванні. Звичайно  $K_{\Pi}$  лежить у межах  $0,7 \div 0,8$ .

Вплив нагару на свічах, на іскроутворення, значно знижується зі збільшенням швидкості наростання вторинної напруги. У сучасних системах ця швидкість лежить у межах  $(200 \div 700)$  В/мкс.

Після пробую іскрового проміжку вторинна напруга різко зменшується (рис. 6.4, б). При цьому в іскровому проміжку спочатку іскра має ємнісну фазу, пов'язану з розрядом ємностей на проміжок, а потім індуктивну, під час якої в іскрі виділяється

енергія, накопичена в магнітному полі котушки.

Ємнісна складова іскри звичайно короткочасна, дуже ярка, має блакитнувате світіння. Сила струму в іскрі велика навіть при малій кількості електрики, що протікає в ній.

Індуктивна складова відрізняється значною тривалістю, невеликою силою струму, великою кількістю електрики й неясним червонуватим світінням. Осцилограма вторинної напруги, що відповідає рис. 6.4, б, є ознакою нормальної роботи системи запалювання.

Про нормальну роботу свідчить і вид іскри між електродами свічі. У справній системі вона має яскраве ядро, оточене полум'ям червонуватого кольору. Розподіл запалювання по циліндрах може проводитися як на високовольтній, так і на низьковольтній стороні.

При низьковольтному розподілі кожна котушка запалювання обслуговує два або чотири циліндри. У першому випадку котушка має два високовольтні виводи (двохвивідна котушка), у другому чотири (чотирьохвивідна).

Імпульси напруги на обох виводах двохвивідної котушки з'являються одночасно, але один з них подається в циліндр у такті стиску й робить запалення робочої суміші, а в іншому циліндрі в цей час надлишковий тиск відсутній, і виділена в іскрі енергія витрачається вхолосту. Чотирьохвивідна котушка постачена первинною обмоткою, що полягає із двох секцій, що працюють поперемінно.

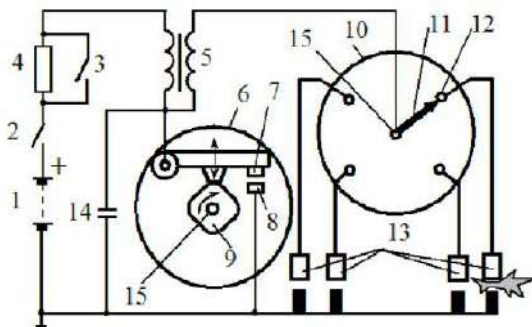
Високовольтні діоди забезпечують поділ ланцюгів, тому що високовольтні імпульси такої системи різнополярні. Це є недоліком системи із чотирьохвивідною котушкою, оскільки залежно від полярності імпульсу, напруга пробій на свічі може відрізнитися на  $1,5 \div 2$  кВ. Котушка може обслуговувати й один циліндр, у цьому випадку вона звичайно розташовується безпосередньо на свічі.

У даний час досить поширений високовольтний розподіл запалювання, однак, розвиток електроніки дозволяє перейти, вірніше, повернутися до низьковольтного розподілу, який був, наприклад, на перших автомобілях фірми «Форд», де були 4 переривника й 4 котушки запалювання.

## 6.6 Схеми систем запалювання

Як вже було сказано раніше, при однаковому принципі роботи, системи запалювання по своїх конструктивних і схемних рішеннях діляться на контактну систему (інакше її називають класичною), контактнo-транзисторну й безконтактну електронні системи запалювання.

У *контактній системі запалювання* (рис. 6.5) комутація в первинному ланцюзі запалювання здійснюється механічним кулачковим переривним механізмом (переривник-розподільник запалювання).



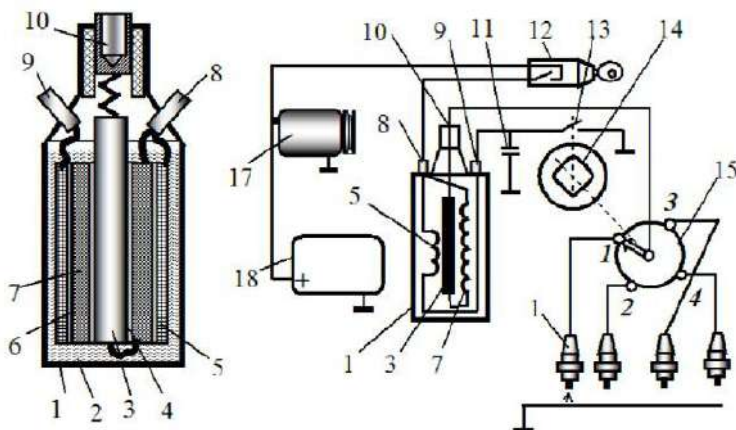
- 1 – акумуляторна батарея; 2,3 – контакти вимикача запалювання;  
4 – додатковий резистор; 5 – котушка запалювання; 6 – переривник;  
7, 8 – рухомий і нерухомий контакти переривника; 9 – кулачок;  
10 – розподільник; 11 – ротор; 12 – нерухомий електрод;  
13 – свічки запалювання; 14 – конденсатор; 15 – ось ротора

Рисунок 6.5 – Принципова схема класичної контактної системи запалювання

Кулачок 14 переривника (рис. 6.6) пов'язаний з колінчатим валом двигуна через зубчасту, ланцюгову або зубчато-ремінну передачу, причому частота обертання вала кулачка вдвічі менша частоти обертання вала двигуна, тобто кулачок обертається із частотою розподільного вала.

Кут випередження запалювання встановлюється зміною положення кулачка щодо приводного вала або кутового положення пластини переривника, на якій закріплена вісь його рухливого важільця. Час замкненого й розімкнутого стану

контактів визначається конфігурацією кулачка, частотою обертання  $n$  і зазором між контактами. Додатковий резистор 4 (рис. 6.5) усуває вплив зниження напруги в бортовій мережі при включенні системи запалювання.



- 1 – кожух; 2 – трансформаторне масло; 3 – сердечник; 4 – ізолятор;  
 5 – первинна обмотка; 6 – ізолятор; 7 – вторинна обмотка; 8 – клемма;  
 9 – клемма; 10 – центральна клемма; 11 – конденсатор; 12 – замок  
 запалювання; 13 – контакт переривника; 14 – кулачок переривника;  
 15 – розподільник переривника; 16 – свічки запалювання;  
 17 – генератор; 18 – акумуляторна батарея

Рисунок 6.6 – Схема котушки і системи запалювання без додаткового резистора

Для цього він при пуску закорочується, при нормальній роботі на нього падає частина напруги так, що до котушки запалювання підходить напруга  $7\div 8$  В, на яку вона й розрахована. Додатковий резистор виконується з нікелевого або константанового дроту, має опір  $1\div 1,9$  Ом і розташовується або на котушці запалювання, або поза нею.

Виготовлення додаткового резистора з нікелевого дроту дозволяє йому виконувати додаткову функцію – захист первинного ланцюга від перевантаження, можливого на малій частоті обертання колінчатого вала. Опір нікелевого резистора з ростом сили струму зростає. У конструкціях, де напруга при

пуску знижується мало, додатковий резистор не застосовується.

Розподільний механізм із переривником, об'єднані в один вузол «переривник-розподільник», підводить вивід вторинної обмотки котушки запалювання через контактний вуглик до обертового електрода (ротору), встановленому на одному валу з кулачком переривника.

При обертанні ротора, висока напруга послідовно, через повітряний проміжок приблизно в 0,5 мм, електроди розподільника й високовольтні проводи, подається на свічі.

Момент проходження ротора повз кожний електрод розподільника синхронізований з розмиканням контактів переривника.

Котушка запалювання являє собою автотрансформатор із двома обмотками. Призначена для одержання високої напруги до 24 кВ і більше із низької напруги бортової мережі 12 В. Первинна обмотка містить 180÷330 витків проводу діаметром 0,57÷1,25 мм, вторинна – 18 000÷41 000 витків проводу діаметром 0,06÷0,09 мм.

При низькому опорі первинної обмотки (менше 3 Ом) послідовно до неї включається додатковий резистор, що підвищує активний опір первинного ланцюга автотрансформатора. Загальний опір котушки складається з активного (визначається характеристикою матеріалу, довжиною й перетином проводу, а також температурою провідника) і реактивного опорів (залежить від кількості витків, характеристики магнітопроводу й частоти змінного струму).

При збільшенні частоти обертання двигуна росте частота розмикання в первинному ланцюзі автотрансформатора. При цьому час протікання струму по первинній обмотці зменшується, її провід нагрівається менше, і опір його падає, у зв'язку із чим сила струму, що протікає по котушці, зменшується незначно, і індукована сила струму у вторинній обмотці залишається досить високою.

При зниженні обертів двигуна, час, протягом якого первинна обмотка підключена до системи живлення, зростає, провід первинної обмотки разом з додатковим резистором нагріваються ще сильніше, його опір зростає й обмежує силу струму.

Сердечник 3 котушки (рис. 6.6) виготовляється з набору

тонколистових пластин, ізольованих друг від друга окалиною. Це дозволяє зменшити шкідливий вплив струмів Фуко (вихрових індукційних струмів), що розігрівають сердечник. Кулачок 14 переривника одержує обертання від вала двигуна й служить для розмикання контакту 13, установленого нерухомо на переривнику-розподільнику.

Разом з кулачком на одній осі обертається розподільник 15, при проходженні якого повз контакти 1-2-3-4 він передає високу напругу свічам запалювання 16.

На рис. 6.7, а представлений приклад залежності вторинної напруги  $U_{2m}$  від частоти обертання  $n$  колінчастого вала двигуна.

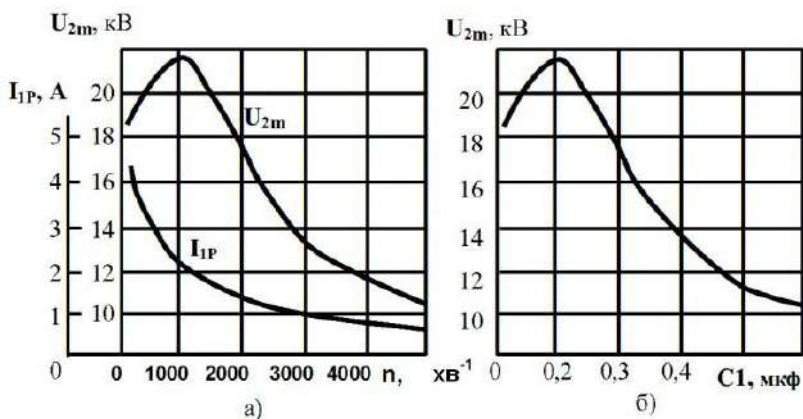


Рисунок 6.7 – Залежність сили струму в момент розриву первинного ланцюга  $I_{1p}$  і вторинної напруги  $U_{2m}$  контактної системи запалювання від частоти обертання колінчастого вала  $n$  (а) і вторинної напруги  $U_{2m}$  від ємності первинного ланцюга  $C1$  (б)

Час  $t$  замкненого стану контактів переривника визначається вираженням:

$$t = \frac{120 \cdot k}{n \cdot z}, \quad (6.2)$$

де  $z$  – число циліндрів двигуна;  
 $k$  – коефіцієнт, що залежить від профілю кулачка.

При росту частоти обертання час замкненого стану контактів зменшується, а, виходить, зменшується сила струму в момент розриву контактів  $I_{1p}$  і, як наслідок, знижується вторинна напруга. Зниження  $U_{2m}$  при малій частоті обертання пояснюється іскрінням контактів при повільному їхньому розходженні.

На рис. 6.7, б наведена залежність вторинної напруги від ємності  $C_1$ , що включається паралельно контактам переривника для зниження їхнього іскріння. При малій ємності  $C_1$  іскріння все-таки виникає, і напруга знижується. Однак і збільшення ємності  $C_1$  також знижує вторинна напруга, тому конденсатор підбирається до кожної системи індивідуально. Зазвичай ємність конденсатора  $C_1$  лежить у межах  $0,17 \div 0,35$  мкФ.

Амплітуда вторинної напруги знижується і з ростом ємності вторинного ланцюга  $C_2$ . Це створює проблему у випадку застосування екранованої системи запалювання, тому що екранування викликає підвищення вторинної ємності. Екранування системи застосовується для зниження рівня радіоперешкод, створюваних системою запалювання.

## **6.7 Контактно-транзисторна система запалювання**

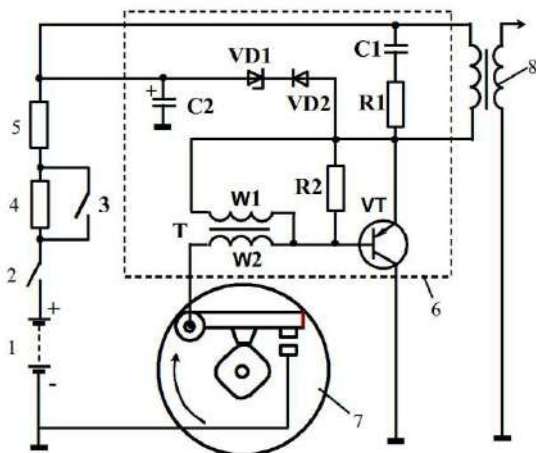
Стала перехідним етапом від контактної до безконтактної електронної системи. У ній усувається недолік контактної системи – підгорання й зношування контактів переривника, комутуючих ланцюг з індуктивністю й значної силою струму. У контактнотранзисторній системі первинний ланцюг обмотки збудження комутує транзистор, керований контактами переривника.

Із застосуванням контактнотранзисторної системи на автомобілі з'явився новий блок – електронний комутатор, що поєднує в собі силовий комутуючий транзистор і елементи схеми його керування й захисту. На рис. 6.8 представлена схема контактнотранзисторного запалювання з комутатором ТК102, яка забезпечує запалювання восьмициліндрових двигунів автомобілів ЗІЛ та ГАЗ.

При замиканні контактів переривника через них починає протікати базовий струм транзистора VT, який відкривається й включає первинний ланцюг обмотки збудження в живильну мережу. При розмиканні контактів переривника транзистор VT

закривається, струм у первинному ланцюзі різко переривається й на свічах з'являється сплеск високої напруги, як це й було в контактній системі.

Характеристики контактнo-транзисторної системи аналогічні контактній, за винятком того, що зниження вторинної напруги на низьких частотах обертання кулачка не відбувається. Імпульсний трансформатор Т у схемі прискорює запирання транзистора, ланцюг VD1, VD2 захищає транзистор від перенапруг, а конденсатор С2 – від випадкових імпульсів напруги по ланцюгу живлення.



- 1 – акумуляторна батарея; 2, 3 – контакти вимикача запалювання;  
4, 5 – додаткові резистори; 6 – комутатор; 7 – переривник;  
8 – котушка запалювання

Рисунок 6.8 – Схема контактнo-транзисторної системи запалювання з комутатором

Конденсатор С1 сприяє зменшенню комутаційних втрат у транзисторі. Додатковий резистор 4 закорочується при пуску.

Термін служби контактів переривника в контактнo-транзисторній системі більше, чим у контактній, тому що базовий струм, що комутується ними, невеликий. Однак механічне зношування механізму переривника й вплив вібрацій на роботу контактів у цій системі не усунуті.

## 6.8 Електронні системи запалювання

В електронних системах запалювання контактні переривники замінені безконтактними датчиками. В якості датчиків використовуються оптоелектронні датчики, датчики Віганда, але найбільш часто – магнітоелектричні датчики (МЕД) і датчики Хола (ДХ).

МЕД бувають генераторного й комутаторного типів. У генераторному датчику обертається постійний магніт, поміщений усередину дзюбоподібного магнітопроводу. При цьому в котушці, надягнутої на свій дзюбоподібний магнітопровід, наводиться ЕРС.

У МЕД комутаторного типу обертається зубчастий ротор з магнітом'якого матеріалу, а магніт нерухливий. ЕРС у котушці наводиться за рахунок зміни величини її магнітного потоку при збігу й розбіжності виступів статора й ротора. Недоліком МЕД є залежність вихідного сигналу від частоти обертання, а також значна індуктивність котушки, що викликає запізнювання в проходженні сигналу.

Від цих недоліків позбавлений датчик Хола. Особливість його полягає в тому, що ЕРС, що знімається із двох граней його чутливого елемента, пропорційна добутку сили струму, що підводиться до двох інших граней, на індукцію магнітного поля, що пронизує датчик. У реальних системах магнітне поле створюється нерухливим магнітом, який відділений від датчика магнітом'яким екраном із прорізами.

Якщо між магнітом і чутливим елементом попадає сталевий виступ, магнітний потік ним шунтується й на датчик не попадає, ЕРС на виході чутливого елемента відсутня. Проріз безперешкодно пропускає магнітний потік, і на виході елемента з'являється ЕРС.

Найбільш простою у схемному й функціональному виконанні є безконтактна система запалювання з нерегульованим часом накопичення енергії. Безконтактні системи запалювання з нерегульованим часом накопичення енергії.

Така система запалювання принципово відрізняється від контактно-транзисторної тільки тим, що в ній контактний переривник замінений безконтактним датчиком. На рис. 6.9

наведена схема системи з комутатором 13.3734-01 автомобілів ГАЗ.

Сигнал з обмотки L магнітоелектричного датчика через діод VD2, що пропускає тільки позитивну півхвилю напруги, і резистори R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub> надходить на базу транзистора VT1. Транзистор відкривається, шунтує перехід база-емітер транзистора VT2, який закривається. Закривається й транзистор VT3, струм у первинній обмотці котушки запалювання переривається й на виході вторинної обмотки виникає висока напруга. У негативну півхвилю напруги транзистор VT1 закритий, відкриті VT2 і VT3, і струм починає протікати через первинну обмотку котушки запалювання. Очевидно, що число пар полюсів датчика повинне відповідати числу циліндрів двигуна.

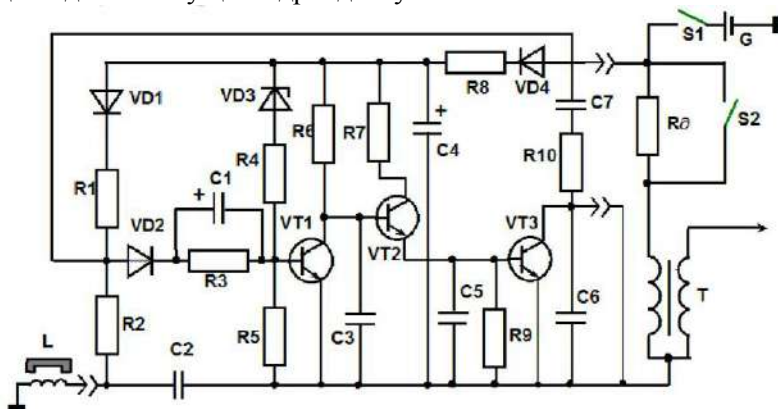


Рисунок 6.9 – Принципова електрична схема безконтактної системи запалювання з комутатором

Ланцюг R3-C1 здійснює фазозсувні функції, що компенсують фазове запізнювання протікання струму в базі транзистора VT1 через значну індуктивність обмотки датчика L, що знижує погіршність моменту іскроутворення.

Стабілітрон VD3 і резистор R4 захищають схему комутатора від підвищеної напруги в аварійних режимах, тому що, якщо напруга в бортовому ланцюзі перевищує 18 В, ланцюг починає пропускати струм, транзистор VT1 відкривається й закривається вихідний транзистор VT3. У ланцюгах захисту від небезпечних імпульсів напруги служать конденсатори C3, C4, C5, C6; діод

VD4 захищає схему від змін полярності бортової мережі.

Форма й величина вхідної напруги магнітоелектричного датчика змінюються із частотою обертання, що впливає на момент іскроутворення. Крім того, у системі, не усунутий істотний недолік контактного запалювання – зменшення вторинної напруги при зростанні частоти обертання колінчатого вала. Тому більш перспективна система з регулюванням часу накопичення енергії.

### **6.9 Безконтактна система запалювання з регулюванням часу накопичення енергії**

Регулюючи час накопичення енергії, тобто час, коли первинний ланцюг котушки запалювання підключений до мережі живлення, можна зробити струм розриву цього ланцюга незалежним або мало залежним від частоти обертання колінчатого вала двигуна, а виходить, і позбутися недоліку контактної системи запалювання – зниження вторинної напруги з ростом частоти обертання.

Принцип такого регулювання полягає в тому, щоб з ростом частоти обертання збільшити відносний час включення котушки запалювання в мережу так, щоб абсолютний час включення залишився незмінним. На рис. 6.10 представлена система запалювання автомобілів ВАЗ з електронним комутатором 36.3734-20 і датчиком Хола.

У комутаторі застосована мікросхема L497В. Стабілізація вторинної напруги досягається в схемі двома шляхами: регулюванням часу знаходження транзистора VT1 у відкритому стані (тобто часу включення первинного ланцюга котушки запалювання в мережу) або обмеженням сили струму в первинному ланцюзі значенням близько 8 А. Останнє, крім того, запобігає перегріву котушки.

Схема працює в такий спосіб. З датчика Хола на вхід комутатора приходить сигнал прямокутної форми, який приблизно на 3В менше напруги живлення, із тривалістю, відповідною до проходження виступів екрана повз чутливий елемент датчика. Нижній рівень сигналу 0,4 В відповідає проходженню прорізу. У момент переходу від високого рівня до низького, відбувається іскроутворення. У мікросхемі комутатора

сигнал у блоці формування періоду накопичення енергії спочатку інвертується, потім інтегрується.

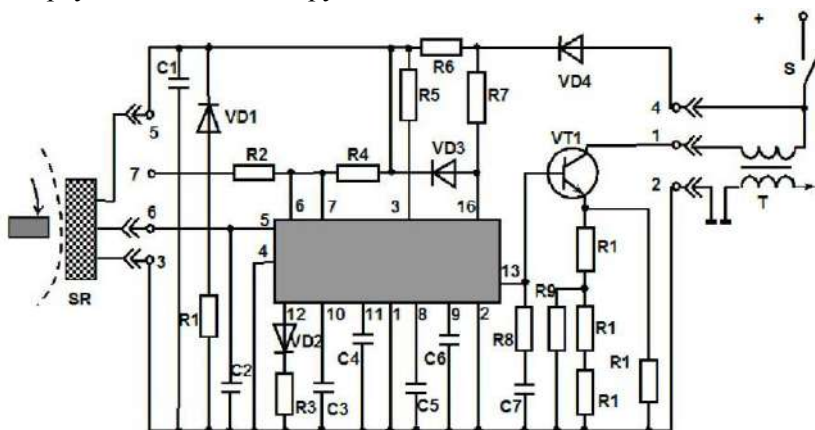


Рисунок 6.10 – Принципова електрична схема безконтактної системи запалювання з регулюванням часу накопичення енергії

На виході інтегратора утворюється шпильста напруга, яка тим більше, чим менше частота обертання двигуна. Ця напруга надходить на вхід комутатора, на інший вхід якого подана опорна напруга.

Компаратор вчасно перетворює напругу. Сигнал на вході компаратора має місце тоді, коли значення пилкоподібної напруги досягає опорного й перевищує його.

При великій частоті обертання пилкоподібна напруга мала, відповідно й мала тривалість сигналу на виході компаратора. Зі зникненням вихідного сигналу компаратора через схему керування відкривається транзистор VT1 і первинний ланцюг запалювання включається в мережу. Отже, час накопичення енергії в котушці відповідає часу відсутності сигналу на виході компаратора. Зменшення тривалості сигналу компаратора дозволяє збільшити відносну величину часу накопичення енергії й тим самим стабілізувати її абсолютне значення.

Блок обмеження сили вихідного струму спрацьовує по сигналу, що знімається з резисторів, включених послідовно в

первинний ланцюг запалювання. Якщо цей сигнал досягає рівня, відповідного до сили струму 8 А, блок переводить вихідний транзистор в активний стан з фіксуванням цього значення струму.

Блок безіскрового відсічення відключає котушку запалювання у випадку, якщо включене електроживлення, але вал двигуна нерухливий. При зупиненому після обертання двигуні відключення відбувається відразу, а якщо ні, то – через 2-5 с.

Схема насичена елементами захисту від сплесків напруги й включення зворотної полярності живлення. Регулювання кута випередження запалювання здійснюється традиційними способами, тобто відцентровим і вакуумним регуляторами.

Мікросхема L497В застосовується у двоканальному комутаторі 64.3734-20 для систем з низьковольтним розподільником енергії. У комутаторі 6420.3734 застосований вихідний транзистор ВУ 931 ZPF1 із внутрішнім захистом від перенапруги, що значною мірою підвищує надійність роботи комутатора.

## **6.10 Електронні пристрої керування моментом запалювання**

За принципом дії електронні пристрої керування моментом запалювання можуть бути класифіковані на аналогові й дискретні. Усі вони засновані на тому, що вироблюваний датчиком положення колінчатого вала сигнал формується відповідним чином і подається на комутатор первинного струму, тобто відсутній твердий механічний зв'язок між датчиком і котушкою запалювання.

Електронні пристрої керування усувають недоліки механічних автоматів, які полягають у наступному:

- механічні автомати реалізують, як правило, найпростіші характеристики, що позначається на роботі двигуна негативно – втрачається потужність і економічність;
- згодом пружини автоматів послабляються, і потрібно їх регулювати або замінити;
- велика інерційність спрацьовування та гістерезис;
- через випар і стікання змащення вимагає періодичного

обслуговування.

Створенню систем запалювання, заснованих на аналоговому принципі одержання й обробки інформації, сприяє, насамперед, їх невисока вартість і простота побудови.

У дискретних системах керування керуюча залежність записується в постійній запам'ятовувальній пристрій, звідки надалі, залежно від режиму роботи двигуна, зчитується той або інший кут випередження запалювання.

Перевагою дискретних систем керування є менша в порівнянні з аналоговими системами схильність впливу зміни зовнішніх умов (температури, напруги живлення), а також можливість одержання оптимальних керуючих характеристик.

Дискретні системи керування можна розділити на два класи: цифрові системи (або системи керування із твердою логікою) і мікропроцесорні системи керування (або системи із програмувальною логікою).

Цифрові системи запалювання являють собою невеликі, різні по складності обчислювачі, порядок роботи яких задається спеціальним алгоритмом, реалізованим за допомогою з'єднаних у певній послідовності цифрових інтегральних схем. Вони є більш простими, надійними й дешевими в порівнянні з мікропроцесорними системами керування. Однак вони не дозволяють реалізувати керування кутом випередження запалювання з урахуванням великого числа параметрів внаслідок значного збільшення апаратних витрат.

Розвиток мікропроцесорної системи запалювання йде по шляху ускладнення керуючих залежностей. Керування кутом випередження запалювання здійснюється в залежності не тільки від частоти обертання колінчатого вала, навантаження й температури двигуна, але також і від інших параметрів, наприклад температури усмоктуваного повітря, положення дросельної заслінки, включеної передачі.

Обчислювальний модуль подібних систем являє собою сукупність апаратно з'єднаних функціональних пристроїв (лічильників, регістрів, тригерів і т.д.).

Програмувальні системи з'явилися проміжним кроком до систем керування кутом випередження запалювання (КВЗ) на базі мікропроцесорів і мікроЕОМ.

Перші системи, у яких в якості обчислювального блоку використовувався мікропроцесор, були розроблені фірмами Chrysler (Lean Burn, 1976), Delco Electronics (Misar, 1977), Ford (EEC-1, 1978).

У цих системах також використовувався принцип програмного регулювання, у якості недоліків якого слід зазначити:

- низьку ефективність, обумовлену необхідністю одночасного обліку великої кількості параметрів зі складними функціональними зв'язками;
- високу вартість системи, пов'язану з великим числом точних датчиків, що задовольняють вимогам експлуатації автомобіля;
- низьку точність відтворення оптимальних параметрів, пов'язану з технологічним розкидом характеристик двигуна й впливом випадкових факторів експлуатаційного характеру, важко або таких, що зовсім не піддаються прогнозуванню при складанні програм регулювання.

Крім вище названих, з'являються системи програмного регулювання, що мають зворотні зв'язки (змішані системи, або, так звані замкнені системи керування КВЗ), у яких значення КВЗ змінюється з урахуванням ряду вхідних параметрів двигуна.

У більшості випадків розроблювачі намагаються використовувати параметри зворотного зв'язку, що побічно характеризують параметри оптимізації системи контролю детонації, системи збідніння складу суміші, системи стехіометричного контролю складу суміші по вмісту кисню в продуктах згоряння.

По способу керування моментом іскроутворення замкнені системи можна розділити на адаптивні й екстремальні.

В *адаптивних системах керування* момент іскроутворення, визначений по заздалегідь заданій програмі, коректується залежно від того або іншого вихідного параметра двигуна. До адаптивних систем можна віднести системи контролю детонації, а також системи, що враховують вміст кисню у вихлопних газах. Вони забезпечують більшу ефективність регулювання кута випередження запалювання й вільні від вищевказаних недоліків

програмувальних систем автоматичного керування. В адаптивних системах здійснюється безперервний пошук оптимуму по заданому параметру.

В *екстремальних системах керування* оптимальний момент іскроутворення визначається не по заздалегідь заданому полю характеристик, а за максимальним значенням одного з вихідних параметрів двигуна.

До таких систем можна віднести системи керування по максимуму індикаторної потужності, по максимуму крутного моменту на колінчатому валу двигуна і т.д.

Прикладом замкненої системи керування моментом іскроутворення може також служити система запалювання, що використовує для регулювання кута випередження запалювання параметри поширення фронту полум'я при згорянні паливно-повітряної суміші.

Експериментальні дослідження показали, що для досягнення максимальної потужності й економічності двигуна при поширенні полум'я в камері згорання, його фронт повинен досягати стінок камери в проміжку кута повороту колінчатого вала 10-20°. Ця умова використовується для визначення оптимального значення КВЗ.

Основними труднощами при створенні замкнених систем керування є керування КВЗ при несталих режимах роботи двигуна. Тому для регулювання моменту іскроутворення в цей час використовують системи з розімкнутим керуванням, а керування по замкненому контуру використовують у якості корекції при режимах роботи двигуна, що встановилися.

Необхідно відзначити, що проведених досліджень регулювання КВЗ на системах запалювання, заснованих на аналоговому принципі одержання й обробки інформації, вкрай недостатньо.

Хоча в порівнянні з мікропроцесорною системою та іншими електронними системами запалювання аналогова електромеханічна система має ряд переваг (простота конструкції, невисока вартість, гарна ремонтпридатність, мала трудомісткість виготовлення), вона має деякі недоліки, наприклад обмеження реалізованих характеристик.

## Питання для самоперевірки

1. У якому році була запатентована котушкова система запалювання, та із чого вона складається?
2. У чому полягає різниця між системами з накопиченням енергії в ємності й у конденсаторі, яка з них одержала найбільше поширення й чому?
3. У який момент часу різко підвищується напруга у вторинній обмотці котушки запалювання й чому?
4. Яка основна вимога пред'являється до напруги вторинної обмотки котушки запалювання?
5. Яка складова напруги у вторинній обмотці більше по амплітуді, а яка – триваліша в часі?
6. Чим приводиться в рух кулачок переривника і яка його роль у роботі системи запалювання?
7. Навіщо в первинний ланцюг котушки запалювання включають додатковий резистор?
8. Через який механізм висока напруга подається до свічок запалювання?
9. Що являє собою котушка запалювання, із чого вона складається і як працює?
10. Як змінюється вторинна напруга котушки запалювання залежно від частоти обертання двигуна й чому?
11. Чим відрізняється контактнo-транзисторна система запалювання від контактної, як вона працює й в чому її перевага?
12. Якими пристроями в електронних системах запалювання замінені переривник контактної системи?
13. Як працює безконтактна система запалювання з нерегульованим часом накопичення енергії і в чому її недолік?
14. У чому перевага безконтактної системи запалювання з регулюванням часу накопичення енергії і як працює її електронна схема?
15. У чому принципова відмінність електронних систем запалювання від контактних і контактнo-транзисторних, і які недоліки останніх вони усувають?
16. У чому перевага дискретних систем керування моментом

- запалювання перед аналоговими?
17. Чим відрізняються адаптивні системи керування моментом запалювання від екстремальних?
  18. У чому перевага безконтактних датчиків положення колінчатого вала в порівнянні з контактними?
  19. Опишіть роботу оптичного генератора імпульсів.
  20. Що таке «ефект Холла», як він використовується в датчику положення колінчатого вала і в чому його перевага в порівнянні з оптичним генератором?
  21. У чому полягає принцип роботи індукційного датчика положення і як він влаштований?
  22. Навіщо корегують форму сигналів датчиків у частотних системах керування моментом запалювання?
  23. Як працює навантажувальний автомат кута випередження запалювання і яку функцію він виконує?
  24. Опишіть структурну схему дискретної системи керування моментом запалювання.
  25. Які переваги мають мікропроцесорні системи керування моментом запалювання в порівнянні із цифровими?
  26. Що таке «карта запалювання» і як вона використовується в мікропроцесорній системі керування?
  27. Поясніть схему цифрового керування моментом запалювання.
  28. Який датчик дає мікропроцесору інформацію про навантаження двигуна?
  29. Як сигнали датчика детонації використовуються для керування моментом запалювання?
  30. Що таке «термістор» і як він використовується в датчику температури?
  31. У чому полягає недолік індукційних датчиків частоти обертання двигуна?

## **7 ЕЛЕКТРОННЕ КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ**

Оскільки поряд з вимогами підвищення якості роботи двигуна внутрішнього згоряння зберігаються й вимоги по зниженню шкідливих викидів, інженери постійно досліджують усі можливості керування двигуном. Контроль викидів стає навіть більш важливим, тому що з кожним роком зростають вимоги щодо зменшення викидів шкідливих газів.

В даній темі розглянуті деякі з існуючих і потенційних областей керування роботою двигуна внутрішнього згоряння. Хоча деякі із загальних питань керування двигуном вже були розкриті у двох попередніх темах, у даній темі ми більш докладно розглянемо додаткові аспекти керування й методи регулювання двигунів. Ось перелік деяких питань із вже вказаних головних проблем:

- момент запалювання суміші;
- кут випередження;
- дозування палива;
- рециркуляція вихлопного газу;
- очищення паливного бака;
- швидкість холостого ходу.

Система оптимального керування двигуном може бути представлена стандартною трьохкаскадною моделлю, показаною на рис. 7.1, на якій показаний зворотний зв'язок замкненого контуру керування, яка властива системам регулювання, що враховують такі фактори, як:

- лямбда-показник;
- детонація;
- частота обертання двигуна.

На рис. 7.2 показана блок-схема розширеної системи керування двигуном. Ряди «входів» і «виходів» допомагають добре представити всю складність системи.

### **7.1 Змінюваний впускний тракт**

Досягнення максимальної ефективності роботи двигуна,

неможливо на двигунах з постійними трактами. Довжина впускного тракту визначає швидкість всмоктуваного повітря й, зокрема, поширення хвиль тиску, викликуваних насосною дією циліндрів.

Ці постійно виникаючі хвилі можна використовувати, щоб поліпшити швидкісний напір паливної суміші, коли вона входить у циліндр, але тільки в тому випадку, коли сили хвилі збігаються з відкриттям впускних клапанів.

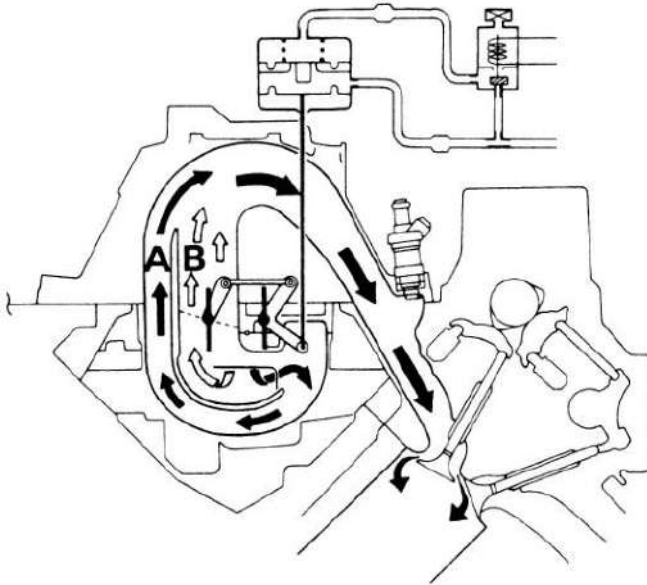


Рисунок 7.1 – Стандартна функціональна схема контуру керування двигуном



Рисунок 7.2 – Узагальнена блок-схема системи керування запалюванням і подачею палива

Довжина впускного тракту впливає на частоту цих хвиль. Один з методів зміни довжини впускного тракту показаний на рис. 7.3. Рух керуючих клапанів змінює ефективну довжину впускного каналу.



А – довгий тракт; В – короткий тракт

Рисунок 7.3 – Впускний тракт колектора  
зі змінною довжиною

На рис. 7.4 на прикладі двигуна автомобіля Volvo S80 показано, наскільки дизайн впускного колектора визначає загальний вид двигуна.

## 7.2 Зміни в режимі роботи клапана

При широко розповсюдженому використанні двигунів зі здвоєними кулачками газорозподілу, де один кулачок застосовується для привода впускних клапанів і один для випускних, можна змінювати перекриття клапанів під час роботи двигуна. Компанія Honda розробила систему, яка помітно збільшує потужність і діапазон крутного моменту тільки за рахунок відкриття обох впускних клапанів на високій частоті обертання. Ця система показана на рис. 7.5.

При низьких оборотах в двигуні VTEC-E повністю відкритий тільки один впускний клапан на кожному з циліндрів. Таким чином, 12 клапанів контролюють змішання і згоряння повітря й

палива. Це забезпечує максимальну ефективність з точки зору найменшого рівня викидів. При більш високих оборотах гідравлічні штовхачі задіють додаткові клапани, щоб забезпечити якість 16-клапанної роботи двигуна.



Рисунок 7.4 – Двигун автомобіля Volvo (зверніть увагу на особливості конструкції впускного колектора)

У системі компанії BMW (рис. 7.6), для керування положенням кулачка відносно приводного механізму використовується тиск масла. Положення кулачків визначається по відповідних установках карти постійної пам'яті в блоці керування.

Також відома система, яка не тільки дозволяє міняти вибір моменту відкриття клапана, але й період відкриття. Система відома як активне регулювання клапана (active valve train – AVT). Вона обіцяла дати подальший розвиток конструкції газорозподільного механізму з кулачками постійного профілю.

Розроблені ще більш ефективні версії цього методу. Відкриття впускних та випускних клапанів здійснюється

гідравлічними приводами, що працюють при тиску до 200 Бар. Керування потоком масла до приводів клапанів здійснюється швидкодіючим сервоклапаном.

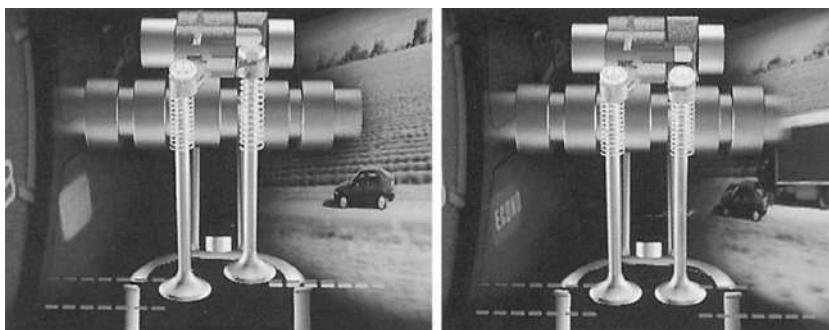


Рисунок 7.5 – Система керування клапанами в автомобілів Honda

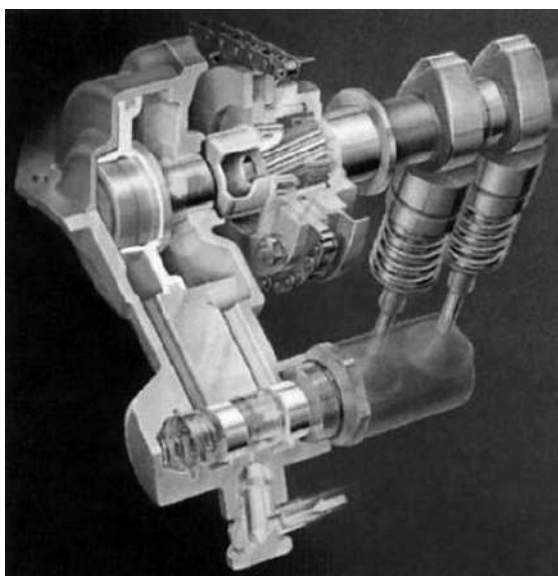


Рисунок 7.6 – Регулювання моменту відкриття клапанів у двигуні компанії BMW

### 7.3 Контроль факела згоряння й тиску

Тривають дослідження зі створення ефективних по вартості

датчиків для визначення якості факела й тиску в камері згорання. Ці датчики використовуються поки лише в дослідницьких цілях, тому що в цей час вони надзвичайно дорогі для використання в серійному виробництві. Коли вони стануть доступні, ці датчики забезпечать миттєвий зворотний зв'язок замкненого контуру керування процесом згорання. Це буде особливо важливо для двигунів, що використовують збіднену суміш.

#### 7.4 Лямбда-датчики широкого діапазону

Більшість датчиків кисневого показника в замкненому контурі керування забезпечує оптимальний контроль відносини повітря-паливо і підтримують його близьким до стехіометричного відношення (14,7:1). Тепер існує датчик, здатний забезпечити лінійний вихід у діапазоні між значеннями відносини від 12:1 і до 24:1. Це дозволяє здійснити зворотний зв'язок у замкненому контурі керування в значно більш широкому діапазоні експлуатаційних режимів.

#### 7.5 Інжектори з повітряним екрануванням

Якщо в сопло інжектора ввести швидкий струмінь повітря, дисперсія палива значно поліпшується. Розмір крапель може бути зменшений до значень нижче 50 мкм у режимі холостого ходу. На рис. 7.7 показаний інжектор з повітряним екрануванням.

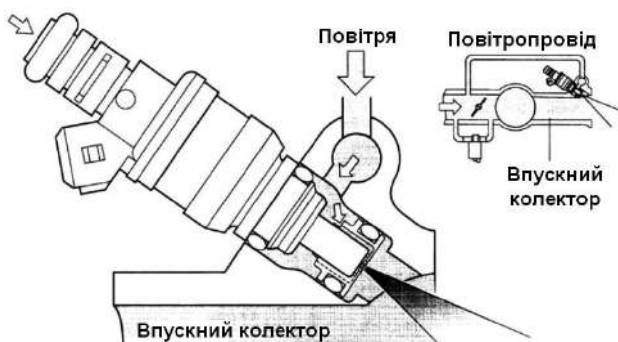


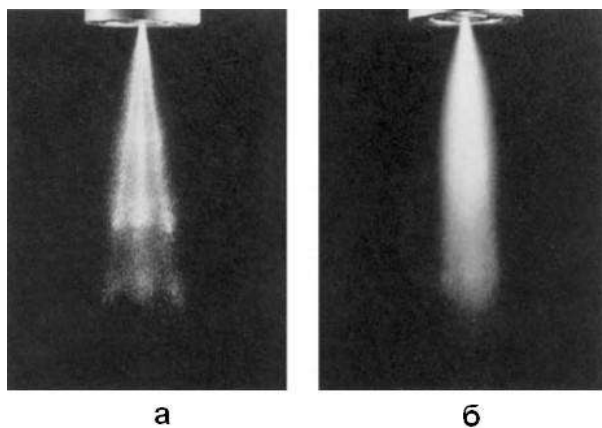
Рисунок 7.7 – Клапан інжектора з повітряним екрануванням

На рис. 7.8 на двох світлинах проілюстрований ефект

повітряного екранування. На одній світлині екранування немає, а на іншій показане впорскування з повітряним екрануванням. Візуально помітно поліпшення дисперсії й зменшення розміру крапель при екрануванні.

## 7.6 Бортова діагностика

На рис. 7.9 показана система керування двигуном Motronic M5 (компанія Bosch) з бортовою діагностикою OBD-2. Бортова діагностика (on – board diagnostics- OBD) стала дуже важливою частиною системи, що забезпечує тривалу експлуатацію автомобіля із чистим вихлопом.

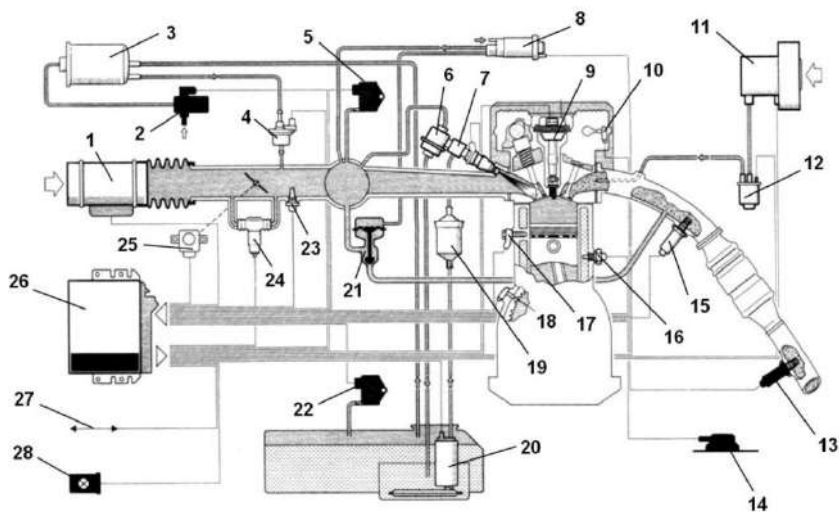


а – інжектор без екранування;

б – інжектор зі струменем екранованим повітрям

Рисунок 7.8 – Поліпшення дисперсії палива за рахунок застосування інжектора з повітряним екрануванням

Багато країн тепер вимагають всебічної діагностики всіх компонентів, що впливають на вихлоп. Індикатор попередить водія про будь-яку виявлену помилку. Система бортової діагностики OBD-2 покликана стандартизувати безліч різноманітних методів, використовуваних різними виготовлювачами. Можливо, у найближчому майбутньому відбудеться перехід до всеосяжної діагностики транспортного засобу через загальний інтерфейс.



- 1 – вимірник масової витрати повітря; 2 – ізоляційний клапан;  
 3 – ємність з активованим вугіллям; 4 – клапан випуску повітря з паливного баку; 5 – датчик тиску впускної труби; 6 – регулятор тиску палива; 7 – паливна форсунка; 8 – регулятор тиску; 9 – котушка запалювання; 10 – фазовий датчик; 11 – вторинний повітряний насос; 12 – вторинний повітряний клапан; 13, 15 – лямбда-датчик; 14 – датчик прискорення кузова автомобіля; 16 – датчик температури; 17 – датчик детонації; 18 – датчик обертів двигуна; 19 – паливний фільтр; 20 – електричний паливний насос; 21 – клапан рециркуляції; 22 – датчик перепаду тиску; 23 – датчик температури повітря; 24 – регулятор холостого ходу; 25 – потенціометр дросельної заслінки; 26 – блок керування двигуном; 27 – діагностичний інтерфейс; 28 – діагностична лампа

Рисунок 7.9 – Система Motronic M5 з бортовою діагностикою OBD-2

Цифрова електроніка дозволяє контролювати й датчики, і приводи. Це досягається розміщенням у пам'яті настановних значень для всіх робочих станів датчиків і приводів. Якщо буде виявлене відхилення від цих значень, інформація зберігається в пам'яті блоку керування і може бути виведена в майстерні при пошуку несправності.

Дуже важливий контроль системи запалювання, оскільки

осічки запалювання не тільки збільшують вихлоп вуглеводнів, але й дають можливість незгорілому паливу ввійти в каталітичний конвертер і горіти там. Це може викликати перевищення нормальних температур роботи конвертера й ушкодити його.

Щоб контролювати запалення й згоряння в циліндрах, використовується точний датчик швидкості обертання колінчатого вала. Осічка запалювання на мить змінює обертаючий момент колінчатого вала, що викликає його нерівномірне обертання. Це явище можна контролювати, що дозволяє миттєво виявляти пропуск запалювання.

Для реалізації функцій системи OBD-2 також потрібен ряд інших датчиків. Наприклад, ще один лямбда-датчик, розміщений після каталітичного конвертера, контролює функціонування ORD-2. Датчик вхідного тиску повітря й клапан необхідні для керування фільтром з активованого деревного вугілля, щоб зменшувати й контролювати емісію випарів з паливного бака.

Датчик різницевого тиску також контролює проникність паливного бака. Потрібне значне ускладнення електроніки блоку керування, щоб управляти системою OBD додатково до виводу індикації про несправності для водія. Така повна контролююча система дозволяє одержати більший ефект у скороченні емісії транспортного засобу, ніж всілякі витончені інструкції щодо щорічного регулювання емісії.

## **7.7 Шкідливі викиди та конструкція двигуна**

Багато деталей конструкції двигуна істотно впливають на утвір викидів. Ясно, що фінальний проект двигуна майбутнього стане компромісом між суперечливими інтересами. Основні області цих інтересів обговорюються далі, в наступних розділах.

### ***Конструкція камери згоряння.***

Головне джерело емісії вуглеводню – це незгоріле паливо, яке перебуває в контакті зі стінками камери згоряння. Із цієї причини область стінок повинна мати як можна меншу поверхнею й найпростішу форму.

Теоретичний ідеал – сфера, але сфера не зовсім практична. Важливо гарне перемішування порції суміші в циліндрі, оскільки це сприяє більш якісному й швидкому горінню. Можливо, ще

важливіше гарантовано гарне перемішування в області свічі запалювання. Це поліпшує запалення. Краще всього поміщати свічу запалювання в центр камери згоряння, оскільки це зменшує ймовірність підривного згоряння за рахунок скорочення відстані, яке повинен пройти фронт полум'я.

### ***Ступінь стиску.***

Чим вище ступінь стиску, тим вище теплова ефективність двигуна, і отже, краще якість його роботи й менші витрати палива. Існують дві головні перепони на шляху до більш високих ступенів стиску – збільшення емісії й тенденція до детонації. Проблема з емісією виникає через високу температуру, яка у свою чергу, викликає більш високий утвір окислів  $\text{NO}_x$ .

Збільшення температури робить паливо-повітряну суміш більш схильною до самозаймання, а отже створює високий ризик підривного згоряння.

Країни, у яких протягом деякого часу діяли жорсткі інструкції регулювання емісії, наприклад США і Японія, прагнули розвивати двигуни з більш низькими ступенями стиску.

Однак завдяки змінам у конструкції камери згоряння й більш широкому поширенню циліндрів із чотирма клапанами вкупі з розвитком систем електронного керування та іншими методами зниження рівня емісії, ступінь стиску за минулі роки зросла.

### ***Вибір моменту й тривалості відкриття клапана.***

Вплив моменту спрацьовування клапана на склад вихлопу може бути досить значним. Один з головних факторів – тривалість перекриття клапанів. Це час, протягом якого впускний клапан вже відкритий, але випускний клапан ще не закритий.

Тривалість цієї фази визначає кількість вихлопного газу, що залишається в циліндрі, коли випускний клапан нарешті закривається. Цей газ істотно впливає на температуру реакції (більше вихлопного газу – нижче температура) і, отже, на емісію  $\text{NO}_x$ . Головне протиріччя тут у тому, що на більш високих швидкостях збільшення фази впуску збільшує розвивану потужність.

З іншої сторони, це викликає більше перекриття клапанів і на холостому ході, що може значно збільшувати емісію вуглеводнів. Це протиріччя призвело до введення електронних систем управління моментом і тривалістю відкриття клапанів.

### ***Конструкції колекторів.***

Газовий потік у зоні вхідних і випускних колекторів – дуже складний для вивчення об'єкт. Головна причина цієї складності – зміни характеристик потоку, обумовлені не тільки змінами у швидкості двигуна, але також дією циліндрів як насосів. Це насосна дія циліндрів викликає коливання тиску в колекторах. Якщо колектори й системи впуску й випуску розроблені так щоб у відповідний момент часу відбити назад хвилю тиску, можна поліпшити об'ємну ефективність роботи колекторів. Багато двигунів транспортних засобів тепер оснащені трактами впуску регульованої довжини. Довгі тракти використовуються при низьких швидкостях обертання, а вкорочені – при високих.

### ***Розшарування дози палива.***

Якщо порція паливної суміші може бути введена в циліндр таким способом, щоб більш багата суміш перебувала поблизу свічі запалювання, то в середньому по циліндру суміш може бути набагато більш бідною.

Ця ідея може забезпечити більші переваги у витраті палива, але емісія окислів  $\text{NO}_x$  всі ще може залишатися проблемою. Багато двигунів збідненого згоряння використовують той або інший спосіб розшарування палива, щоб зменшити можливість осічки запалювання й нерівної роботи двигуна.

### ***Час прогріву.***

Основні викиди, створювані середнім автомобілем, виникають у процесі прогріву двигуна. Застосування підходящих матеріалів і ретельна пророблення системи охолодження можуть зменшити цю проблему. Деякі системи керування навіть змушують двигун на час прогріву працювати при злегка затриманому запалюванні, щоб він швидше прогрівся.

### ***Рециркуляція вихлопного газу.***

Ця методика використовується, насамперед, для того, щоб зменшити пікові температури згоряння й, отже, утвор окислу азоту ( $\text{NO}_x$ ).

Рециркуляція вихлопного газу (exhaust gas recirculation – EGR) може бути або внутрішня, за рахунок перекриття клапанів, або зовнішня, через звичайні труби й клапан (рис. 7.10). Певна порція вихлопного газу просто вертається до впускного колектора двигуна.

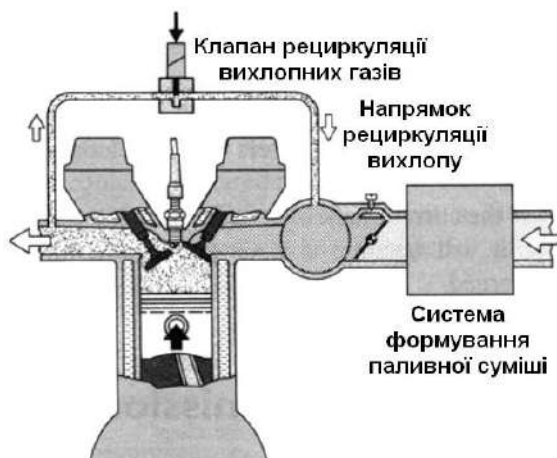


Рисунок 7.10 – Система рециркуляції вихлопного газу

Рециркуляцією управляють за допомогою електроніки по установкам і постійній пам'яті блоку керування двигуном. Це гарантує, що не будуть порушені ходові якості автомобіля, а також, що частка рециркуляції буде контролюватися. Якщо ця частка занадто велика, збільшується емісія вуглеводнів.

На рис. 7.11 показаний вплив частки рециркуляції на вихлоп і витрати палива. Один з недоліків систем EGR полягає в тому, що клапани через деякий період часу можуть забиватися продуктами вихлопу й, таким чином, змінювати фактичний відсоток рециркуляції. Однак тепер вже є клапани, які зменшують цю проблему.

#### **Система запалювання.**

Система запалювання може впливати на вихлопну емісію двома способами: по-перше, за рахунок якості створеної іскри, і по-друге, вибором моменту утворення іскри. Якість іскри буде визначати її здатність запалити суміш. Тривалість іскри, зокрема, істотна при запаленні більш бідних сумішей. Більш сильна іскра зменшує ймовірність осічок, які можуть призвести до збільшення викиду вуглеводнів.

Зрозуміло, що вибір моменту запалювання є критичним

фактором, і як завжди цей вибір є компромісом між потужністю, ходовими якостями автомобіля, витратою палива й емісією. На рис. 7.12 наведений графік, що показує вплив вибору моменту запалювання на емісію й витрати палива.

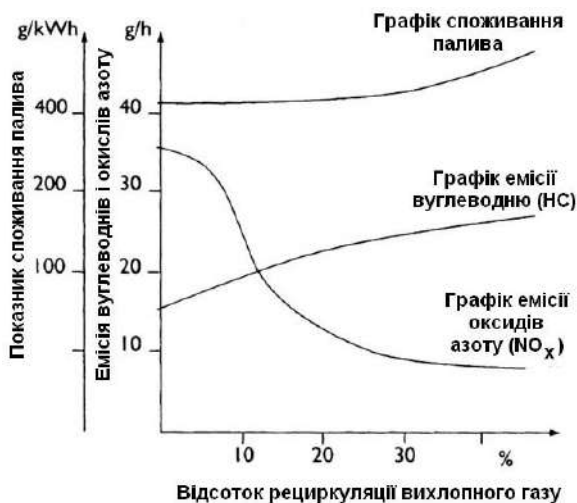


Рисунок 7.11 – Вплив частки рециркуляції на склад вихлопу й витрати палива

Утвір вигарного газу залежить практично тільки від складу паливної суміші й лише незначно від вибору моменту запалювання. Електронні й програмні системи запалювання внесли істотний вклад на шляху до досягнення рівнів емісії сьогоденішніх двигунів.

## 7.8 Термічне допалювання палива

Щоб зменшити частку вуглеводнів у вихлопі, задовго до широкого поширення каталітичних конвертерів використовувалося термічне допалювання палива.

Вуглеводні дійсно продовжують горіти у випускному колекторі, а проведені дослідження показали, що вибір матеріалу використовуваного колектора, наприклад чавуну або нержавіючої сталі, може мати значимий вплив на скорочення викидів НС.

При температурах приблизно 600°C, НС і СО згоряють або

окисяться в  $H_2O$  і  $CO_2$ . Якщо вводити повітря, у випускний колектор після клапанів, то можна стимулювати процес допалювання палива.

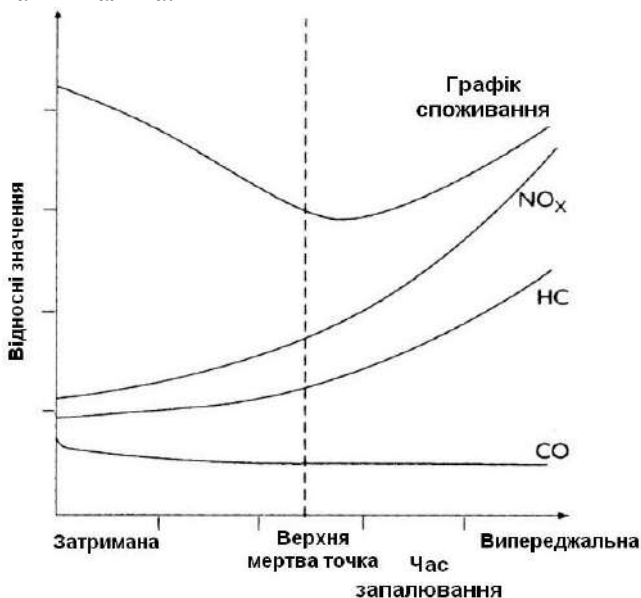


Рисунок 7.12 – Вплив часу запалювання на емісію викидів й споживання палива

## 7.9 Каталітичні конвертери

Строгі вимоги по регулюванню викидів у більшості країн світу зробили використання каталітичного конвертера майже обов'язковим. Каталізатор із трьома реакціями (three-way catalyst – TWC) з величезним ефектом використовується більшістю автовиробників.

Це дуже простий пристрій, і виглядає він подібно стандартній коробці вихлопного фільтра. Однак для того, щоб конвертер працював правильно, робоча суміш у двигуні повинна бути дуже близькою до стехіометричного відношення. Необхідно гарантувати доступність для каталізатора правильних «інгредієнтів», щоб він виконав свою функцію.

На рис. 7.13 показана внутрішня частина каталітичного конвертера. Існує багато видів вуглеводнів, але наступний

приклад ілюструє головну реакцію. Слід сказати, що реакції передбачається здійснювати за участю деякої кількості CO, виробленого двигуном, щоб зменшити NO<sub>x</sub>.

У цьому одна із причин того, що виготовлювачі були повинні змушувати двигуни працювати на стехіометричній суміші. Ця ж обставина стримує розвиток методів збідненого горіння. Таким чином, навіть дрібні деталі інструкцій з регулювання емісії можуть у дійсності мати дуже серйозний вплив на вибір використовуваних методів скорочення емісії.

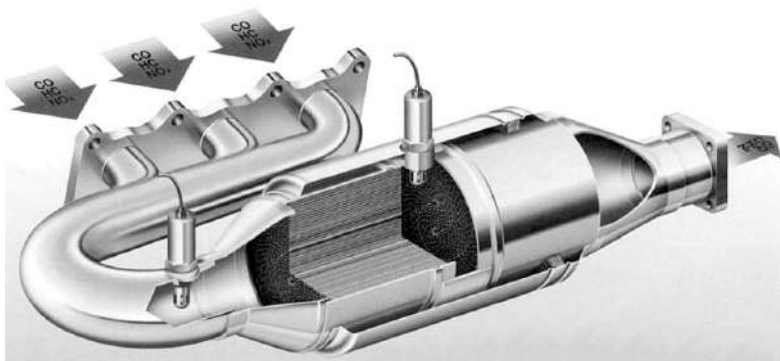


Рисунок 7.13 – Каталітичний конвертер (нейтралізатор)

Герметична система каталітичного конвертера включає в себе труби випускного колектора, лямбда-датчик і OBD II-датчик діагностичної системи. Основний каталітичний перетворювач розроблений як сучасний двошаровий перетворювач з центральною частиною, що має повітряний зазор.

Положення каталітичного перетворювача поблизу двигуна забезпечує швидкий час реакції у фазі холодного пуску. Сформована конструкція колектора зменшує загальну вагу транспортного засобу, а також сприяє нижчій тепловій масі каталітичного перетворювача, що відключається. Таким чином, ця інноваційна система вже відповідає майбутнім значенням викидів вихлопних газів.

Керамічна монолітна основа, використовувана як матеріал каталізатора, є алюмо-магнієвим силікатом і завдяки багатьом тисячам дрібних каналів забезпечує більшу площу поверхні. Ця

поверхня покрита найтоншою плівкою окису алюмінію, який додатково збільшує ефективну поверхню приблизно у 7 000 разів.

Для каталізаторів використовуються благородні метали. Платина сприяє окисненню HC і CO, а родій допомагає скороченню NO<sub>x</sub>. Представлений конвертер – це сучасна конструкція з металевою основою й вбудованим колектором. Тільки один такий каталітичний конвертер, що підтримує три згадані реакції, містить приблизно 3-4 г дорогоцінних металів.

Ідеальний діапазон робочих температур конвертера – від 400 до 800°C. Дуже часта серйозна проблема – це затримка досягнення каталізатором цієї температури з моменту початку роботи двигуна. Вона відома як «час вибігу каталізатора».

Використовуються різні методи, що зменшують цей час, оскільки поки каталізатор не нагріється, іде викид шкідливих продуктів згоряння. Можливі рішення – електричний підігрів або пальник, який вводить у конвертер легке паливо. Інша можливість – розміщення конвертера між випускним колектором і трубопроводом глушника. Це значно зменшує «час вибігу», але газовий потік, вібрація й надмірні перепади температури можуть зменшити термін служби каталізатора.

Каталітичним конвертерам загрожують два типи ушкоджень. Перший – використання етильованого палива, яке призводить до відкладання складових свинцю на активних поверхнях і таким чином, зменшує ефективну поверхню каталізатора.

Другий – внаслідок осічок запалювання незгоріле в циліндрах паливо буде догоряти в каталізаторі й викличе його перегрів. Компанія BMW, наприклад, використовує на деяких транспортних засобах систему, де датчик контролює високовольтний вихід системи запалювання, і якщо не утворюється іскра, система надалі не подає паливо у «збійний» циліндр.

Ще одне можливе технічне рішення для зниження емісії в період розігріву каталізатора полягає у використанні попереднього конвертера, який електрично нагрівається, малого розміру, як показано на рис. 7.14. Перші випробування цієї системи показують, що емісія вуглеводнів протягом фази розігріву може бути значно зменшена.

Невирішена поки проблема полягає в тому, що для

нагрівання попереднього конвертера протягом перших 30 с необхідно мати приблизно 30 кВт теплової потужності. Це вимагає струм порядку 250 А. Одним з рішень проблеми може бути установка додаткової батареї.



Рисунок 7.14 – Попередній конвертер з електричним підгрівом

Для каталітичного конвертера, здатного з оптимальною швидкістю окислити CO і HC при одночасному скороченні окислів  $\text{NO}_x$ , дуже важливий стан суміші в межах вузької смуги в 0,5 % від лямбда-значення 1.

Використовувані в цей час кисневі датчики можуть забезпечити точність в межах приблизно 3 % від вказаного значення лямбда-показника. Коли каталітичний конвертер перебуває в гарному стані, це не створює проблеми завдяки накопичувальній здатності конвертера у відношенні CO і  $\text{O}_2$ .

Ушкоджені конвертери, однак, не можуть зберегти достатню кількість цих газів і, отже, стають менш ефективними. Ушкодження конвертера, як вже було сказано раніше, може відбутися із-за перегріву або через «отруєння» свинцем або навіть кремнієм.

Якщо склад паливної суміші може підтримуватися в межах 0,5 % від стехіометричного лямбда-показника, конвертер залишиться ефективним, навіть якщо він до деякого ступеня ушкоджений. Зараз стали доступними датчики, які можуть забезпечити необхідну точність. Щоб гарантувати ідеальну роботу конвертера, можна використовувати другий датчик, встановлений вже після конвертера.

## 7.10 Лямбда-контроль у замкненому контурі керування

Діючі інструкції регулювання викидів зробили вже обов'язковим замкнений контур керування складом паливно-повітряної суміші в комбінації з каталітичним конвертером. У той же час незважаючи на жваві дискусії, інженери не дійшли згоди про те, що лямбда-показник повинен обов'язково дорівнювати одиниці для всіх експлуатаційних режимів.

Отже, лямбда-контроль – це система, із замкненим контуром керування, яка діє так, щоб сигнал від кисневого датчика у вихлопі міг безпосередньо впливати на кількість палива, що вводиться. На рис. 7.15 показана блок-схема системи керування по лямбда-показнику. Результати керування по  $\lambda$ -показнику та дія каталізатора наведені на рис. 7.16.

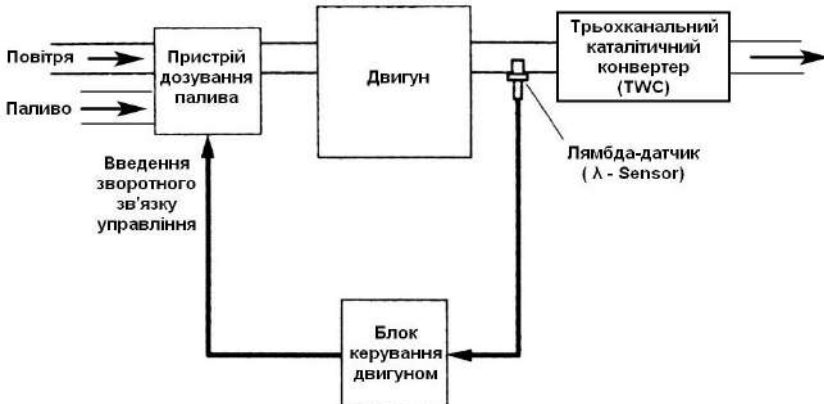


Рисунок 7.15 – Дозування палива в замкненому контурі керування

Принцип дії системи наступний:  $\lambda$ -датчик генерує напругу, пропорційну вмісту кисню у вихлопі, вміст кисню, у свою чергу, пропорційний відношенню «повітря-паливо». При ідеальному регулюванні ця напруга становить приблизно 450 мВ. Якщо напруга, отримана ECU, нижче цього значення (бідна суміш), кількість введеного палива потроху збільшується. Якщо напруга сигналу вище порогу (багата суміш), кількість палива зменшується.

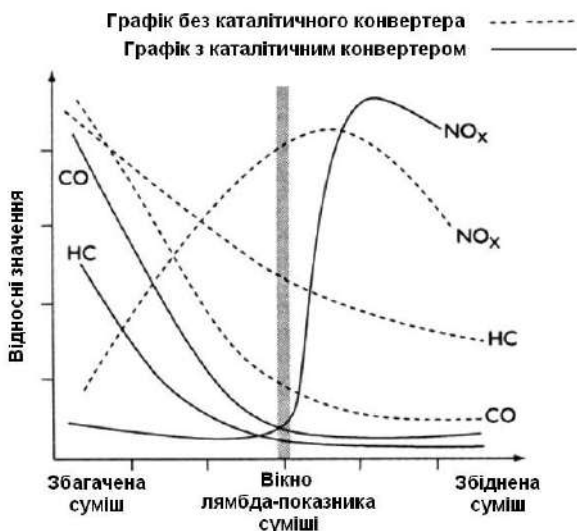


Рисунок 7.16 – Результати керування по λ-показнику та дія конвертера TWC

Ця зміна в повітряно-паливному відношенні не повинна бути занадто різкою, оскільки це змусить двигун «смикатися». Щоб запобігти цьому явищу, блок керування двигуном містить інтегратор, який змінює склад суміші протягом певного часу.

Існує також затримка між формуванням суміші в колекторі й виміром вмісту кисню у вихлопному газі. Це обумовлено робочим циклом двигуна й швидкістю суміші на впуску, часом, необхідним вихлопним газам, щоб досягти датчика, і часом реакції датчика.

Цю затримку іноді називають «мертвим часом», і вона може досягати однієї секунди на швидкості холостого ходу й декількох сотень мілісекунд на більш високих швидкостях двигуна.

Через «мертвий час», суміш неможливо привести до точного значення  $\lambda=1$ . Якщо в системі встановлений інтегратор, який може враховувати швидкість двигуна, тоді вдасться втримувати значення  $\lambda$  суміші в діапазоні 0,97-1,03, тобто в межах, у яких TWC найбільш ефективний.

## 7.11 Контроль вихлопу дизеля

Викиди дизельних двигунів були в значній мірі знижені завдяки змінам конструкції камери згоряння й методів впорскування. Подальші вдосконалення дозволили зробити більш точним керування початком і періодом впорскування. Істотний внесок також вніс метод електронного керування. Щоб керувати емісією викидів, можна використовувати ще ряд методів.

### *Рециркуляція вихлопного газу.*

Як і у випадку бензинових двигунів, рециркуляція вихлопного газу (EGR) використовується, насамперед, для того, щоб зменшити викид окислів  $\text{NO}_x$  за рахунок зменшення температури реакції у камері згоряння. Однак якщо відсоток рециркуляції стане занадто високим, зросте утвір вуглеводнів і сажі.

### *Температура усмоктуваного повітря.*

Це рішення може застосовуватися у двигунах з турбонаддувом. Якщо повітря пропускається через проміжний теплообмінник і передбачений вимір обсягу цього повітря, то зниження його температури зменшить емісію  $\text{NO}_x$ . Проміжний теплообмінник встановлюється у тій самій зоні автомобіля, що й радіатор системи охолодження.

### *Каталітичний конвертер.*

На дизельному двигуні каталізатор може використовуватися щоб зменшити емісію вуглеводнів, але він вплине на утвір окисненого азоту. Це відбувається тому, що дизельні двигуни завжди працюють з надлишком повітря, щоб гарантувати краще й більш ефективно горіння палива. Тому звичайний каталізатор не відніме кисень від  $\text{NO}_x$ , щоб окислити вуглеводні, а замість цього ще буде використаний додатковий кисень. Тому розроблені спеціальні конвертери для  $\text{NO}_x$ .

### *Фільтри.*

Щоб зменшити емісію мікрочастинок (сажі), можуть бути використані фільтри. Вони можуть варіюватися по конструкції від найтоншої сітки, зробленої з керамічного матеріалу, до відцентрових фільтрів і водяних пасток. Не вирішена поки проблема полягає в тому, що фільтри можуть забиватися, що несприятливо впливає на роботу в цілому. Тут використовується

ряд технічних прийомів, включаючи відцентрові фільтри.

## 7.12 Системи комплексного керування автомобілем

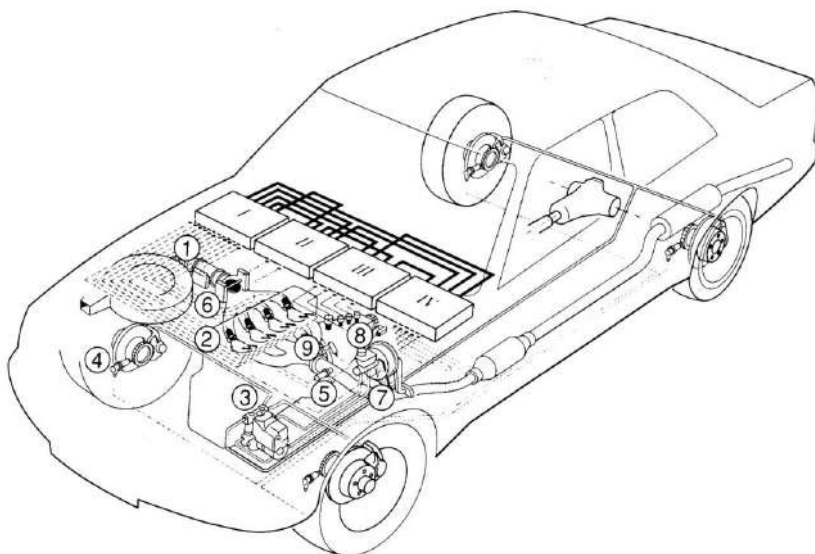
Можливість створення системи комплексного керування транспортним засобом з'явилася після розробки систем цифрового контролю. На рис. 7.17 показана схема комплексної системи керувань автомобілем.



Рисунок 7.17 – Блок-схема комплексної системи керування автомобілем

В принципі, вона вимагає використання всього одного блоку керування, здатного контролювати всі параметри транспортного

засобу. На рис. 7.18 показаний один з варіантів з'єднання між собою декількох блоків керування. Однак у дійсності, використовують кілька окремих контролерів (ECU), здатних спілкуватися один з одним через шину даних (CAN).



I – блок керування «Мотронік»; II – електронне управління дросельним клапаном; III – електронне керування трансмісією;

IV – блок керування системою ABS и тягою;

1 – вимірники масової витрати повітря; 2 – впорскування та запалення;  
 3 – гідравлічний модулятор системи ABS; 4 – датчик швидкості коліс для системи ABS; 5 – лямбда-датчик; 6 – привод дросельної заслінки;  
 7 – датчик педалі газу; 8 – датчик швидкості, регулятор тиску, приводи клапанів; 9 – датчик швидкості обертання двигуна

Рисунок 7.18 – Зв'язки між блоками керування

### ***Переваги централізованого керування.***

Переваги централізованого керування можна розділити на дві групи – «входи» і «виходи». Розглянемо всі вихідні величини, необхідні для керування в кожній з нижченаведених областей:

- система запалювання;
- система подачі палива;

- система трансмісії.

Для зазначених трьох систем керування автомобілем є багато загальних вимог. Наявність однієї централізованої системи керування може потенційно зменшити складність кабельної мережі при одночасному розширенні можливостей контролю.

Це, фактично, переваги «виходів». Розглянемо загальні умови експлуатації транспортного засобу під час раптового й різкого прискорення й можливі «відповіді» кожної з перерахованих систем. Якби кожна система працювала сама по собі, можливо, що вона не зреагувала б певним чином з урахуванням роботи інших систем.

Наприклад, можуть бути встановлені момент часу запалювання й величина порції палива, але потім ECU трансмісії різко понизив передачу, збільшуючи, таким чином, оберти двигуна. Це у свою чергу, вимагає змін у дозуванні палива й виборі моменту запалювання. Протягом перехідного процесу цілком ймовірно зменшення ефективності роботи й збільшення емісії.

Таким чином, ідеальне керування можливе лише при єдиному блоці керування або, по крайній мірі, при наявності зв'язку між окремими блоками. Програмування такого керування вимагає, однак, дуже значної потужності обчислювальних модулів. Це стає особливо очевидним, якщо враховувати інші системи керування, наприклад, зчепленням, антиблокуванням гальм, активною підвіскою, кермом.

### **7.13 Система Cartronic компанії Bosch**

Складність об'єднання систем постійно збільшується. Компанія Bosch розробила систему, що використовує ієрархію електронних засобів транспорту. Удосконалення як роботи двигуна, рівня емісії, безпеки водія й комфорту, вимагають більшої взаємодії різних електронних систем. Раніше на простому прикладі ми вже продемонстрували потребу в окремих електронних системах, здатних спілкуватися один з одним.

Проект компанії Bosch використовує ієрархічну структуру сигналу, щоб вирішити цю проблему. На рис. 7.19 показано два способи, якими можуть бути зв'язані системи. Перший використовує звичне кабельне розведення, другий – шину CAN.

### Через кабельні джгути



### Через шину даних



Рисунок 7.19 – Типи зв'язку систем автомобіля

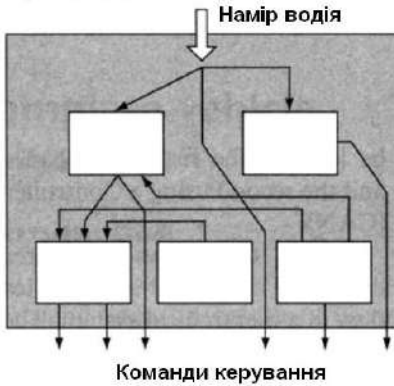
На рис. 7.20 показана відмінність між потоком даних в автономній системі й потоком даних в ієрархічній системі. Система Cartronic використовує принцип, при якому кожна система може керуватися від системи, що займає в ієрархії керування більш високий рівень.

Наприклад, інтегровані системи керування двигуном і керування коробкою передач не «спілкуються» безпосередньо між собою, а тільки через систему керування трансмісією яка стоїть вище по ієрархії. Виробники транспортних засобів продовжують вести дослідження в області комплексних систем керування.

Все більше й більше систем інтегрується між собою, що призводить до зниження вартості електронного устаткування автомобіля. Одночасно ростуть вимоги до обчислювальної потужності систем, вже є нормою застосування 32-розрядних і скоро стане стандартом застосування 64-розрядних швидкодіючих мікроконтролерів.

## Функції розподілу і поєднання

Потік даних між окремими системами



Потік даних в ієрархічній системі

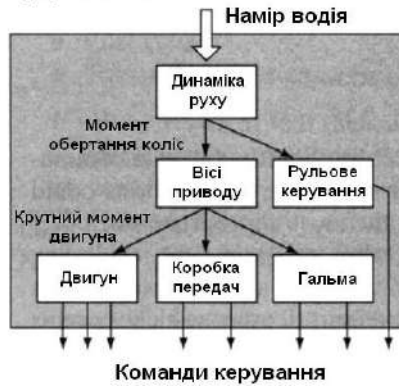


Рисунок 7.20 – Система Cartronic

Зворотна сторона використання єдиного блоку керування для керування всім транспортним засобом – це вартість заміни блоку керування. При існуючих цінах навіть ECU єдиної системи може недешево коштувати, хоча, в середньому, вартість виготовлення всього транспортного засобу може зменшитися.

Комплексний централізований контроль дає й інші можливі переваги, наприклад розширення бортової діагностики (OBD) для контролю над транспортним засобом у цілому, що потенційно заощаджує час ремонту й експлуатаційний витрати.

### 7.14 Система GDI (Mitsubishi)

Протягом багатьох років компанія Mitsubishi Motors прагнула підвищити ефективність своїх двигунів не тільки з метою задовольнити зростаючі вимоги з боку екології, щоб обмежити негативну дію парникового ефекту, а й значно зменшити витрати палива. Тому Mitsubishi приклала істотні зусилля саме до розвитку двигуна із прямим впорскуванням бензину.

Протягом багатьох років інженери вважали, що цей тип двигуна має найбільший потенціал для оптимізації подачі палива й згоряння що, у свою чергу, може забезпечити кращу якість роботи й знизити витрати палива. Однак дотепер так ніхто і не

спроєктував довершений двигун із прямим впорскуванням палива в циліндр (Gasoline Direct Injection – GDI), придатний для масового виробництва.

Розроблений у компанії Mitsubishi двигун типу GDI (удосконаленого прямого впорскування бензину) – це реалізація мрії інженера.

Для подачі палива звичайні двигуни використовують систему впорскування палива, яка замінила систему карбюрації. Система MPI, або система багатоточкового впорскування, де паливо підводиться до кожного пристрою введення, в даний час є однією з найбільш широко використовуваних систем.

Однак навіть у двигунах MPI є обмеження на умови подачі палива й керування згорянням, тому що паливо змішується з повітрям перед введенням в циліндр. Mitsubishi прагнула розсунути ці межі, розробляючи двигун, де бензин вводиться безпосередньо в циліндр, аналогічно дизельному двигуну, і, крім того, моментом впорскування управляють у точній відповідності за умовами навантаження.

#### ***Двигун GDI досяг наступних видатних показників:***

- надзвичайно точний контроль порції палива, у результаті згоряння ультрабідних сумішей паливна, ефективність перевищує ефективність дизельних двигунів;
- дуже ефективне впорскування й унікально висока ступінь стиску забезпечують даному двигуну GDI високу ефективність і відмінну приємність, які перевершують такі показники для звичайних двигунів MPI.

На рис. 7.21 показаний розвиток двигунів на шляху до більш високої потужності й ефективності. Технологія, реалізована Mitsubishi для двигуна GDI, є наріжним каменем для наступного покоління високоефективних двигунів. Очевидно, ця технологія буде розвиватися й далі. На рис. 7.22 показаний розвиток системи подачі палива. На рис. 7.23 показаний зовнішній вигляд двигуна із прямим впорскуванням бензину.

#### ***Головні цілі двигуна GDI.***

Розробка двигуна GDI дозволяє вирішити наступні основні завдання:

- добитися ультранизької витрати палива, кращої, ніж в будь-якого дизельного двигуна;
- забезпечити потужність, що перевершує потужність звичайних двигунів MPI.

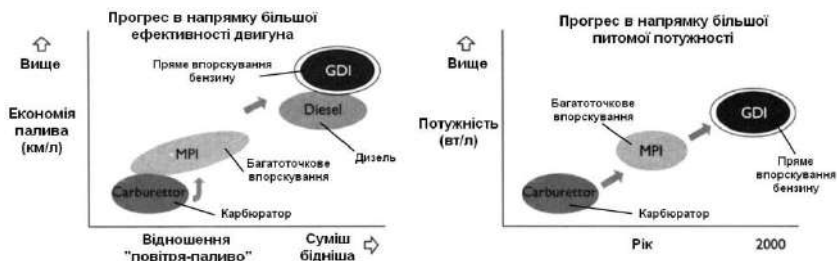


Рисунок 7.21 – Прогрес двигунів на шляху до більш високої потужності й ефективності

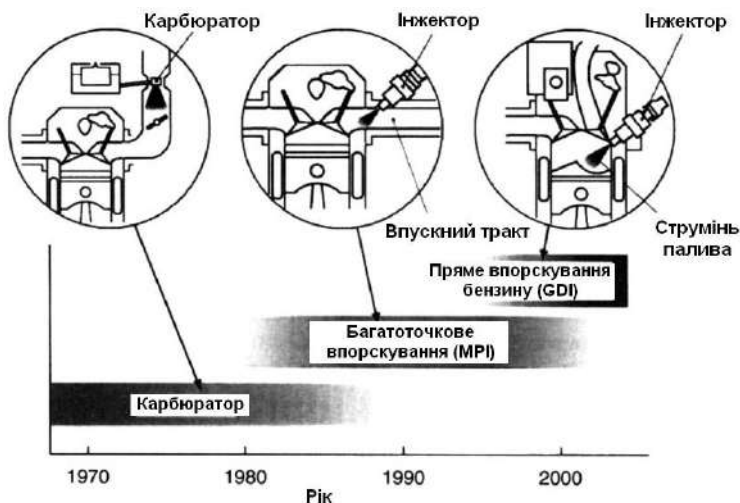


Рисунок 7.22 – Розвиток систем подачі палива

- Технічні особливості двигуна GDI:
- строго вертикальні канали введення для оптимального керування потоком повітря в циліндрі;
- поршні із круглою вибіркою у верхній частині для кращого згорання палива;

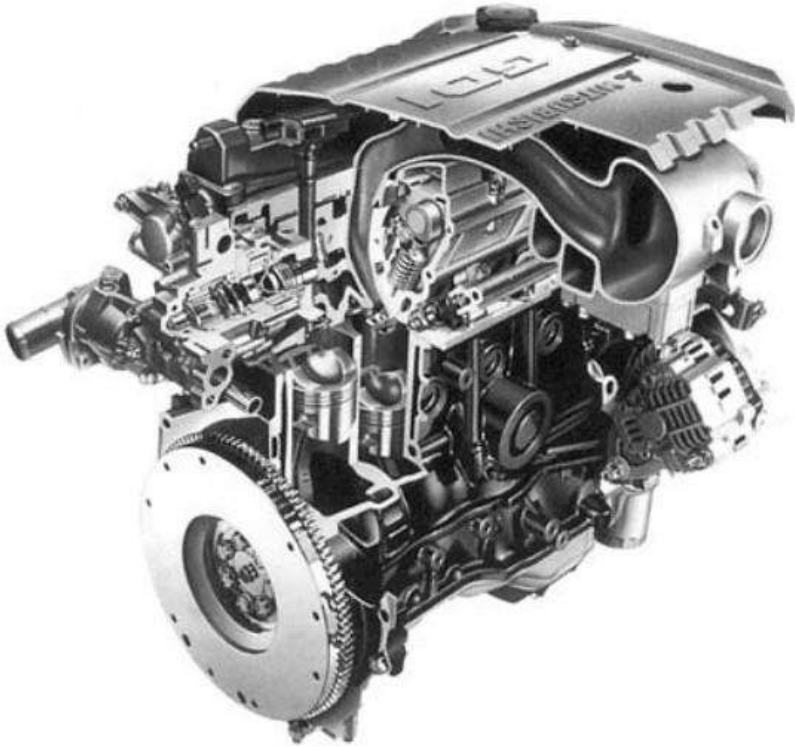


Рисунок 7.23 – Двигун GDI від Mitsubishi

- паливний насос високого тиску для подачі палива в інжектори під тиском;
- вихрові інжектори високого тиску для створення оптимальної повітряно-паливної суміші.

### **7.15 Знижена витрата палива й підвищена потужність**

Використовуючи власні унікальні методи й технології. Mitsubishi змогла добитися того, що двигун GDI забезпечує й меншу витрату палива, і більш високу вихідну потужність. Цей зовні суперечливий і важкий трюк реалізовано шляхом застосуванням двох режимів згорання. Крім того, момент впорскування міняється, щоб відповідати навантаженню двигуна.

Для умов навантаження автомобіля при типовому міському

русі, паливо впорскується в кінці такту стиску, аналогічно дизельному двигуну. Завдяки цьому досягається ультрабідне згоряння за рахунок ідеального формування розшарованої повітряно-паливної суміші. В ідеальних умовах руху паливо вводиться на такті впуску. Це гарантує гомогенну повітряно-паливну суміш, подібну суміші звичайних двигунів MPI, що забезпечує більш високу вихідну потужність.

***Режим ультрабідного згоряння.***

При нормальних умовах руху, до швидкості 120 км/год, двигун GDI Mitsubishi працює в режимі ультрабідного згоряння, що призводить до найменшої витрати палива. У цьому режимі впорскування відбувається на останній стадії такту стиску, і в циліндрі згоряє ультрабідна суміш із відношенням «повітря-паливо» 30-40 (включаючи EGR 35-55).

***Режим підвищеної вихідної потужності.***

Коли двигун GDI працює з більш високим навантаженням або на більш високих оборотах, має місце впорскування палива під час такту впуску. Це оптимізує згоряння завдяки гомогенній і більш холодній повітряно-паливній суміші, яка мінімізує можливість детонації. Ці два режими роботи двигуна представлені на рис. 7.24.

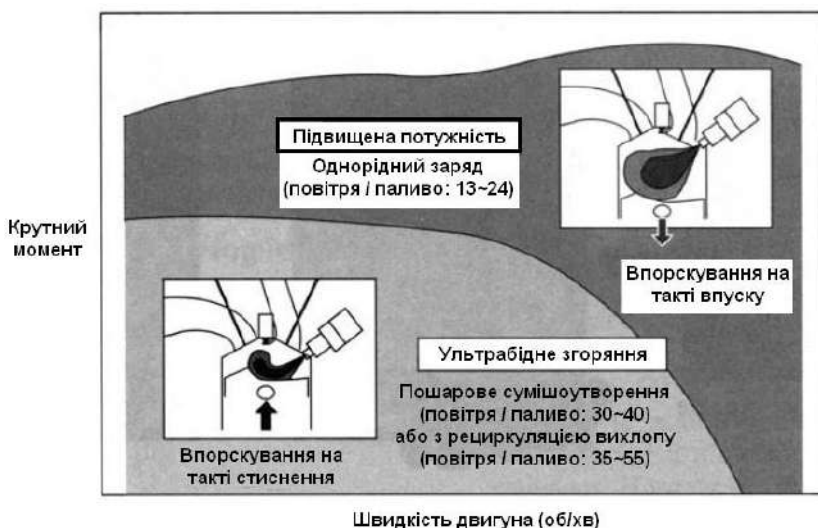


Рисунок 7.24 – Два режиму згоряння палива

## 7.16 Фундаментальні технології двигуна GDI

В основі конструкції двигуна GDI є чотири технічні особливості. «Вертикальний прямий канал введення» поставляє оптимальний потік повітря в циліндр. «Поршень із криволінійною вершиною» управляє згорянням, допомагаючи формувати повітряно-паливну суміш. «Паливний насос високого тиску» забезпечує тиск, не обхідний для прямого впорскування в циліндр. Крім того, «вихровий інжектор високого тиску» управляє випаром і дисперсією паливного струменя.

Ці фундаментальні технології, об'єднані з іншими унікальними технологіями керування подачею палива, дозволили компанії Mitsubishi досягти обидві цілі: зробити витрати палива у двигуна GDI нижчими, ніж у дизельних двигунів, а вихідну потужність вищою, ніж потужність звичайних двигунів MPI.

### *Струмінь повітря усередині циліндра.*

Двигун GDI має вертикальні прямі канали впуску суміші, а не горизонтальні, використовувані у звичайних двигунах. Вертикальні прямі канали ефективно направляють потік, повітря вниз на поршень із криволінійною поверхнею верхньої частини, яка сильно змінює напрямок струменя, утворюючи зворотний вихор для оптимального перемішування впорскнутого палива як показано на рис. 7.25.

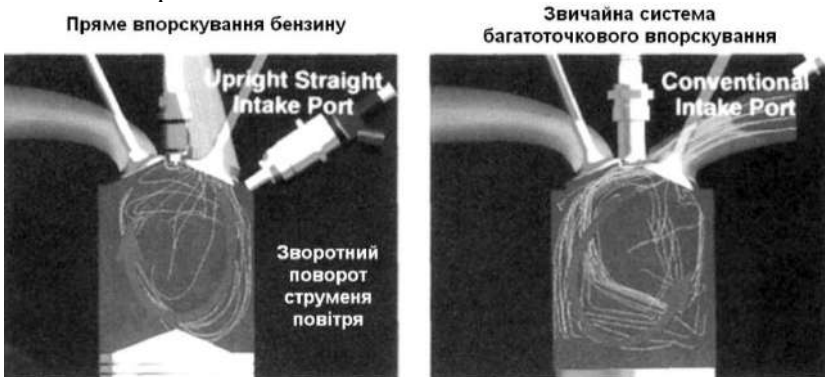


Рисунок 7.25 – Канали вертикального впуску

*Струмінь палива.* Розроблені вихрові інжектори високого

тиску забезпечують ідеальний струмінь зі структурою, що відповідає кожному з режимів експлуатації двигуна. Це показано на рис. 7.26. У той самий час, завдяки сильно турбулентному руху паливного струменя, інжектори забезпечують достатній ступінь розпилення палива, що є обов'язковим для двигуна типу GDI навіть із відносно низьким паливним тиском  $50 \text{ кг/см}^3$ .



Рисунок 7.26 – Вихрові потоки

### 7.17 Оптимізована конфігурація камери згоряння



Рисунок 7.27 – Оптимальна форма вершини поршня

Поршень із криволінійним вилученням на вершині управляє формою повітряно-паливної суміші, так само як і струмінь повітря в камері згоряння, що відіграє важливу роль в утворі компактної повітряно-паливної суміші. Суміш, яка вводиться на останній стадії такту стиску, направляється до свічі запалення перш, ніж вона зможе розсіятися. Щоб визначати оптимальну форму вершини поршня, таку, як зображено на рис. 7.27, компанія Mitsubishi

використала передові методи спостереження процесів у циліндрі, включаючи лазерні методи.

### **Питання для самоперевірки**

1. У чому саме полягає об'єднане керування запаленням і подачею палива двигуна внутрішнього згоряння?
2. З якою метою змінюють довжину впускного тракту двигуна?
3. Як можна змінювати перекриття клапанів під час роботи двигуна?
4. За допомогою чого можна здійснити зворотний зв'язок у замкненому контурі керування?
5. Поясніть ефект повітряного екранування паливних інжекторів.
6. Для чого призначена бортова діагностика (on – board diagnostics – OBD)?
7. Як пов'язана кількість шкідливих викидів автомобіля із конструкцією двигуна внутрішнього згоряння?
8. Що таке тривалість перекриття клапанів і як вона впливає на склад вихлопу?
9. Для чого роблять рециркуляцію вихлопного газу?
10. В чому полягає суть термічного допалювання палива?
11. З чого складається каталітичний нейтралізатор вихлопних газів?
12. Намалюйте принципову схему регулювання викидів двигуна по  $\lambda$ -показнику і поясніть принцип її роботи.
13. Як зменшують температуру усмоктуваного повітря у двигунах з турбонаддувом?
14. Які технічні рішення використовують щодо зменшення забивання сажових фільтрів?
15. В чому полягає суть системи комплексного керування автомобілем?
16. Які були головні цілі при розробці двигуна GDI (Mitsubishi)?
17. Назвіть основні технічні особливості двигуна GDI.
18. Для чого канали впуску суміші у двигуні GDI зроблені вертикальними?
19. З якою метою поршень у двигуні GDI зроблений із криволінійним вилученням на вершині?
20. Як відбувається згоряння ультра-збідненої суміші у двигуні

## GDI?

21. За рахунок чого у двигуні GDI мінімізована можливість детонації?
22. Намалуйте блок-схема керування системою запалювання двигуна і поясніть принцип її роботи.
23. На основі яких даних розраховується необхідна кількість палива для впорскування в циліндр двигуна?

## 8 ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДИНАМІКОЮ АВТОМОБІЛЯ

Існує кілька причин для розробки системи антиблокування гальм (anti-lock brakes – ABS). Якщо при гальмуванні одне або більше коліс транспортного засобу блокується (починає ковзати), виникає ряд неприємних наслідків:

- збільшується гальмівний шлях;
- втрачається контроль над кермом;
- ненормально зношуються шини.

Блокування коліс з великою ймовірністю може призвести до нещасного випадку. Найкраще уповільнення транспортного засобу досягається тоді, коли в гальмівній системі має місце максимальне перетворення кінетичної енергії автомобіля в теплову енергію на гальмівних дисках і барабанах.

Шина що проковзує навіть на сухій дорозі, далеко не забезпечує досягнення граничного можливого потенціалу цього процесу. Так, досвідчений водій може сам підкачувати гальма, натискаючи і відпускаючи педаль, для запобігання блокування гальм, але електронний контроль дозволяє досягти набагато кращих результатів.

ABS вже стало звичайною функцією навіть на недорогих автомобілях, а це істотний внесок у безпеку автомобільного руху. Важливо пам'ятати, однак, що при нормальному русі система не призначена для того, щоб максимально швидко розгони змінювалися максимально короткими гальмуваннями.

Робота система повинна розглядатися як допомога тільки в критичному стані. На рис. 8.1 схематично показано, як ABS може допомогти в підтримці керованості автомобіля навіть при дуже важких умовах гальмування.

### 8.1 Вимоги до ABS

Хороший спосіб проаналізувати дію складної системи полягає в тому, щоб задатися питанням: «Що повинна система бути в змозі зробити?» Іншими словами, які вимоги до системи? Ці вимоги для ABS ми розглянемо далі, в розділах з підзаголовками.

***Відмовостійка система.*** У разі відмови системи ABS

звичайні гальма повинні спрацьовувати на максимумі своїх можливостей. Крім того, водій повинен отримати попередження про відмову. Попередження зазвичай реалізується за допомогою простого індикатора.

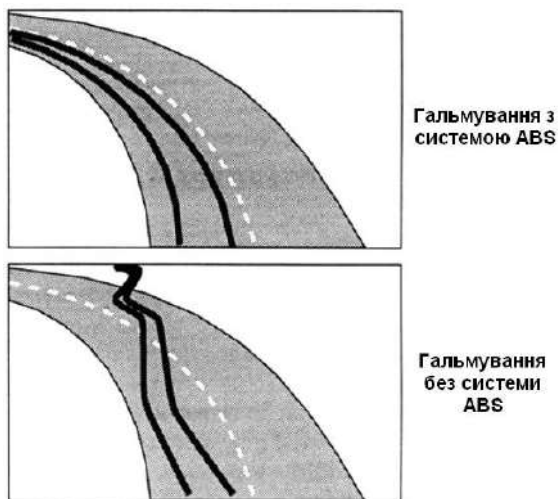


Рисунок 8.1 – ABS може допомогти в підтримці керованості автомобіля

***Маневреність автомобіля повинна бути збережена.***

Слухняність машини керма та зчеплення з дорогою, не повинні зникнути при включенні системи ABS. Це – ключове питання, оскільки водієві важливо бути в змозі ухилитися від небезпеки, хоча може гальмування часто виявляється найкращим чином дії.

***Реакція повинна бути негайною.***

Навіть на короткій відстані система повинна реагувати так, щоб найкраще використовувати зчеплення з дорогою. Реакція повинна бути адекватною незалежно від того, натискає водій на гальма м'яко або нетерпляче вдаряє по ним щосили.

***Вплив на рух.***

Нормальний рух і маневрування не повинні надавати ніякої реакції на педаль гальма. Стійкість і слухняність керма повинні бути збережені при всіх дорожніх умовах. Система повинна

також адаптуватися до гістерезису гальмування, тобто режиму, коли гальма натискають, відпускають, а потім знову натискають. Навіть якщо колеса з одного боку знаходяться, наприклад, на сухому асфальтованому шосе, а з іншого боку – на льоду, занос (обертання навколо вертикальної осі) транспортного засобу повинен бути зведений до мінімуму, і якщо проявлятися, то настільки повільно, щоб дати водієві можливість його компенсувати.

### ***Керовані колеса.***

У загальному випадку, принаймні одне колесо на кожній стороні транспортного засобу має контролюватися окремою ланкою. Тепер це є спільним принципом для всіх чотирьох коліс, які на пасажирських автомобілях керуються незалежно один від іншого.

### ***Робота в широкому діапазоні швидкостей.***

Система повинна працювати При будь-якому зниженні швидкості аж до прогулянкової. На цій дуже повільній швидкості, навіть коли колеса заблоковані, транспортний засіб набуває нерухомий стан дуже швидко.

### ***Інші умови роботи.***

Система повинна бути в змозі розпізнати аквапланування і зреагувати відповідно. Вона повинна також залишатися працездатною на нерівній дорожній поверхні.

Є ще одна область, в якій система поки недосконала – це гальмування на повільній швидкості по снігу. ABS фактично збільшує гальмівний шлях по снігу, але напрямок рулювання буде збережено. Це, як вважають, є розумним рішенням.

В експлуатації знаходиться безліч різних типів систем антиблокування гальм, але всі вони намагаються відповідати викладеним вище вимогам.

## **8.2 Загальний опис системи**

Як і у випадку з усіма іншими системами, ABS можна розглядати як центральний блок керування з рядом входів і виходів. Система ABS представлена блок-схемою системи керування із замкнутим контуром (рис. 8.2). Найважливіші з входів – датчики швидкості колеса, а головний вихід – деяка форма контролю тиску і гальмівної системи

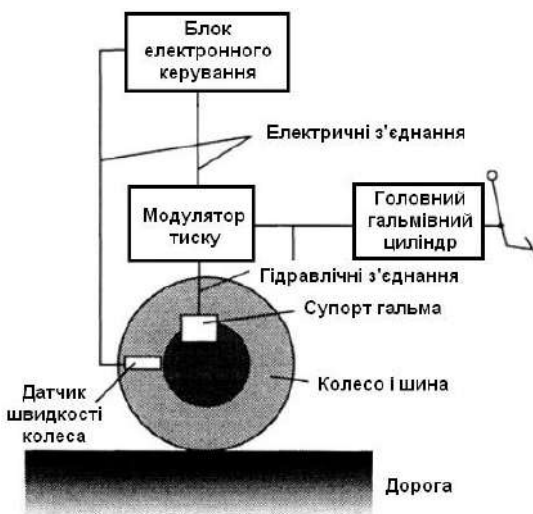


Рисунок 8.2 – Система антиблокування гальм

Завдання блоку керування полягає в тому, щоб порівняти сигнали від кожного датчика колеса для виміру прискорення або уповільненні кожного з коліс. За цими даними і заздалегідь запрограмованим довідковими таблицями може регулюватися гальмівний тиск в одному або більшій кількості коліс.

Гальмівний тиск може бути зменшений, підтримуватися постійним або збільшуватися. Максимальний тиск визначається тиском водія на педаль гальма.

Система під час роботи використовує або управляє великою кількістю різних параметрів, перелік яких наведено нижче.

**Тиск на педаль.** Визначається водієм.

**Тиск в гальмах.** При нормальному гальмуванні він пропорційний тиску педалі, але під контролем ABS може бути зменшений, збережений або збільшений.

**Регульований змінний параметр.**

Це, фактично, швидкість колеса, по якій можна визначити його прискорення, уповільнення або прослизання, швидкість залежить від зміни тиску в гальмівних контурах.

**Умови дороги / автомобіля.**

Система може враховувати навантаження автомобіля, стан

дороги, стан шин і умови функціонування гальмівної системи. За сигналами датчиків швидкості колеса ECU обчислює перераховані нижче величини.

#### ***Відносна швидкість транспортного засобу.***

Відносна швидкість визначається по комбінації сигналів датчиків двох діагональних коліс. Після початку гальмування ECU використовує це значення.

#### ***Прискорення або уповільнення колеса.***

Значення прискорення або уповільнення колеса постійно змінюються.

***Прослизання гальма*** не може бути виміряне безпосередньо, але його можливо обчислити по відносній швидкості транспортного засобу. Це значення далі використовується, щоб визначити, коли ABS повинне узяти під свій контроль гальмівний тиск

#### ***Уповільнення транспортного засобу.***

В процесі керування гальмівним тиском ECU використовує відносну швидкість транспортного засобу в якості відправної точки і задає її лінійне зменшення. Прискорення уповільнення визначається за сигналам отриманим від датчиків всіх коліс.

Ведучі й ведені колеса на автомобілі потрібно розглядати по-різному, оскільки вони ведуть себе при гальмуванні відмінно один від одного. Логічна комбінації уповільнення / прискорення коліс і ковзання використовується як керуюча змінна. Фактична стратегія, застосовувана системою керування, змінюється залежно від умови гальмування.

### **8.3 Компоненти ABS**

Різні виробники включають в систему безліч різних компонентів. У більшості систем, однак, існують три головних компонента:

- датчики швидкості колеса;
- електронний блок керуванні;
- гідравлічний модулятор.

#### ***Датчики швидкості колеса.***

Більшість датчиків швидкості коліс – прості індуктивні датчики, які працюють в комплексі з зубчастим колесом. Вони складаються з постійного магніту і стрижня з м'якого заліза, на

якому намотана котушка. Оскільки зубчасте колесо обертається, зміни в магнітному опорі магнітного ланцюга викликають сигнал, частота і напруга якого пропорційні швидкості обертання колеса. Частота – сигнал, який використовується електронним блоком керування. Опір котушки близько 1 кОм. Для її з'єднання з блоком ECU використовується коаксіальний кабель, щоб запобігти інтерференції, що спотворює сигнал. Деякі системи тепер використовують датчики з ефектом Холла.

#### ***Електронний блок керування.***

Функція ECU (на рис. 8.3 показана частина ECU) полягає в тому, щоб отримати інформацію від датчиків коліс і обчислити найкращий порядок дій для гідравлічного модулятора. Серце сучасного ECU складається з двох мікропроцесорів типу Motorola 68HC11, які працюють по однаковій програмі незалежно один від одного.

Це гарантує велику безпеку при будь-якій помилці, яка могла б несприятливо вплинути на якість гальмування, тому функціонування кожного процесора має бути ідентичним. Якщо помилку виявлено, ABS відключається і загоряється індикатор попередження. Обидва процесора мають незалежну пам'ять, в яку можуть бути записані: коди помилки (для подальшої діагностики й обслуговуванні). ECU також має каскади обробки вхідних сигналів і вихід, тобто потужні каскади для керування приводом модулятора.

ECU виконує самоперевірку після того, як ввімкнено запалювання. Відмова негайно призводить до відключення системи. Далі у списку перераховані параметри самоперевірки:

- струм від джерела живлення;
- зовнішні і внутрішні інтерфейси;
- передача даних;
- зв'язок між процесорами;
- операції клапанів і реле;
- операція контролю пам'яті помилок;
- функції читання та запису у внутрішню пам'ять.

Все це займає приблизно 300 мс.

***Гідравлічний модулятор***, показаний на рис. 8.4 має три робочі положення:

- збільшення тиску – гальмівна магістраль до головного

- циліндра відкривається;
- зниження тиску – гальмівна магістраль з'єднується з акумулятором гальмівної рідини;
- утримання тиску – гальмівна магістраль закрита.

Клапанами керують електричні соленоїди, які завдяки низькій індуктивності мають малий час реакції. Електродвигун працює тільки тоді, коли ABS активована.

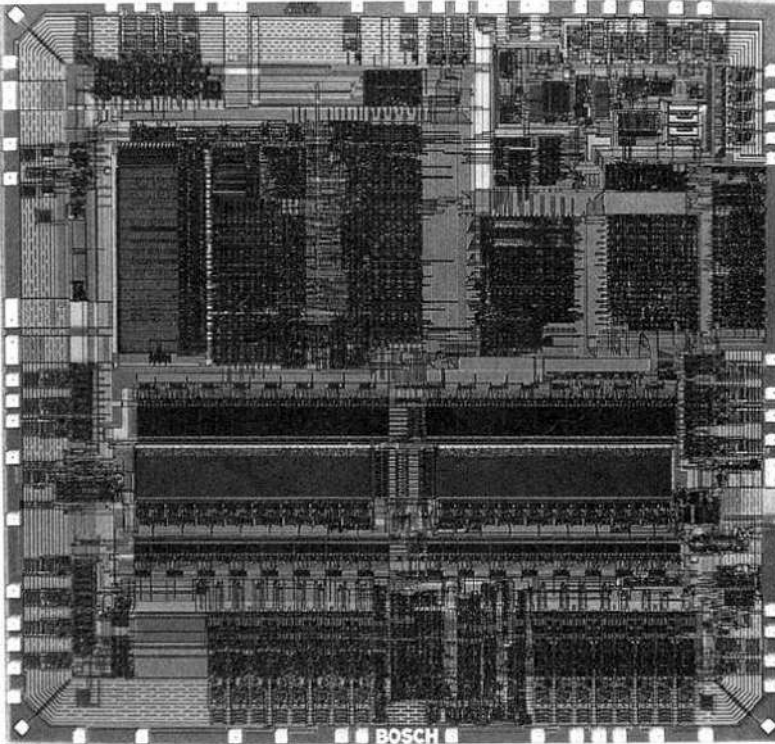


Рисунок 8.3 – Мікропроцесор використовується в блоці управління ABS

#### **8.4 Керування гальмами системою ABS**

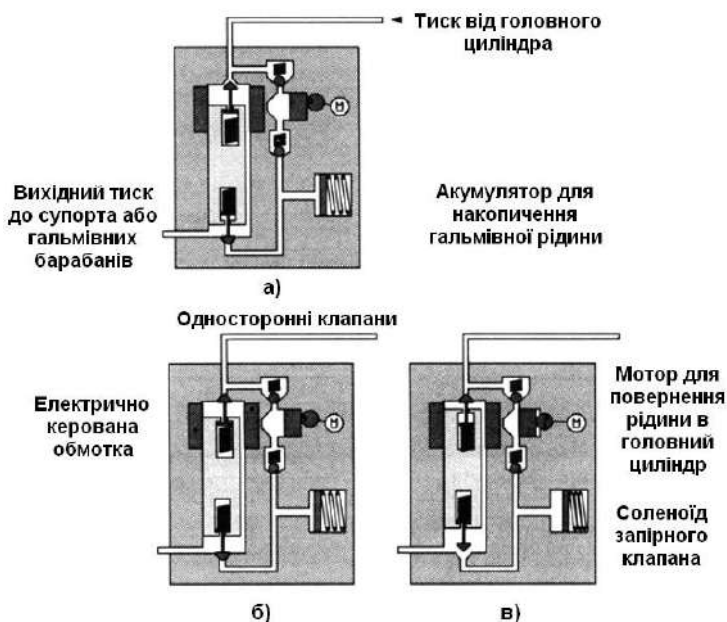
Керування тиском за допомогою ABS може бути зведене до деякого числа фаз, описаних далі.

##### ***Початок керування тиском гальмування.***

Початок функціонування ABS відомий як «первинний

контроль циклу згладжування». Ця стадія згладжування необхідна, щоб не реагувати на незначні збурення типу нерівної дорожньої поверхні, яка може викликати зміну в сигналах датчиків коліс.

Поріг чутливості є критичною величиною, так як якщо б реакції системи була занадто швидкою, то це не сподобалося б водієві і викликало б небажаний знос компонентів пристрою. При занадто запізнілій реакції контроль над кермом і стійкість автомобіля могли б бути втрачені на першій фазі керування.



а – фаза збільшення тиску; б – фаза утримання тиску;  
в – фаза зниження тиску

Рисунок 8.4 – Гідравлічний модулятор ABS

### ***Керування гальмами на рівній дорожній поверхні.***

При цих ідеальних умовах ступінь зчеплення майже постійне. ABS у цих умовах працює найкраще, частота регулювання відносно низька, з невеликими змінами в тиску гальмування.

***Занос транспортного засобу (обертання навколо вертикальної осі, відхиляючий момент).***

При гальмуванні на дорожній поверхні з різним зчепленням під лівими і правими колесами, транспортний засіб буде відхилятися від курсу або почне обертатися. Водій може впоратися з цим з допомогою рульового колеса, якщо в нього є достатньо часу для маневру.

Впоратися з ситуацією можна й іншим способом зниженням тиску на інше переднє колесо в той момент, коли переднє колесо з поганим зчепленням з дорогою стає нестабільним. Це допомагає зменшити занос транспортного засобу, що особливо важливо, коли з'являється значний кут між транспортним засобом і віссю дороги.

### ***Вібрація осі.***

На нерівних дорогах часто і випадковим чином має місце нестійкість швидкості коліс. Через цю нестійкість тиск гальмування має тенденцію більшою мірою падати, ніж рости, під час дії ABS. Це могло б призвести до втрати гальмування при певних умовах. Тому необхідна адаптація системи до локальних умов, щоб подолати цю проблему.

Збільшення тиску гальмування здійснюється легше протягом періоду сильного росту прискорення колеса після моменту нестабільності. У сучасних системах м'якої підвіски вісь колеса може бути схильна до вібрації. Ця вібрація може викликати додаткові наведені сигнали від датчиків швидкості коліс.

Окреслені прискорення можуть виявитися точно такими ж, що і для фактичних нестабільних умов гальмування. Невелика затримка реакції ABS, обумовлена затримкою в згладжуванні сигналу – час, витрачений на те, щоб перемістити клапани керування.

Запізнення у гальмівних магістралях допомагає зменшувати ефект вібрації осі. Регулярна частота коливань може бути визначена блоком керування. Коли виявляються коливання осі, система використовує постійний тиск гальмування.

## **8.5 Стратегія керування**

Основні положення стратегії функціонування системи антиблокування гальм можуть бути підсумовані наступним

чином:

- швидке зниження тиску в гальмах в момент нестійкості швидкості колеса, щоб колесо могло швидко повернутися в режим прискорення. При цьому зниження тиску незначне, і режим гальмування може бути знову відновлений;
- швидке підвищення тиску гальмування в період і після періоду повторного прискорення до тиску трохи меншого, ніж тиск нестійкого стану;
- дискретне збільшення тиску гальмування в разі збільшеного зчеплення з дорогою;
- вибір чутливості, що підходить для превалюючих умов руху;
- гальмування не повинне бути ініційовано системою антиблокування в разі вібрації осі.

Застосування цих п'яти основних вимог призводить до необхідності пошуку компромісу між ними. Програмування процесу гальмування і випробування дослідних зразків дозволяє зменшити рівень компромісу, але з деякими незручностями все одно доводиться миритися. Очевидним прикладом цього є гальмування по нерівній землі в глибокому снігу, оскільки уповільнення тут менш ефективне, якщо колеса не заблоковані. У цьому прикладі пріоритет віддається стабільності, а не гальмівному шляху, оскільки контроль напрямку руху при таких обставинах потребує менше часу.

## **8.6 Варіанти системи ABS**

В одному з нестандартних підходів до ABS використовується пружина і електродвигун, щоб створити умови гальмування зі зменшенням, утриманням або збільшенням тиску в гальмах.

Потенційна перевага цього технічного прийому полягає до тому, що реакція системи виходить рівною, а не пульсуючою. На рис. 8.5 показана компоновка системи з мотором і пружиною.

## **8.7 Антипробуксовочна система**

Антипробуксовочна система (інше найменування – протибуксовочна система) призначена для запобігання пробуксовки ведучих коліс.

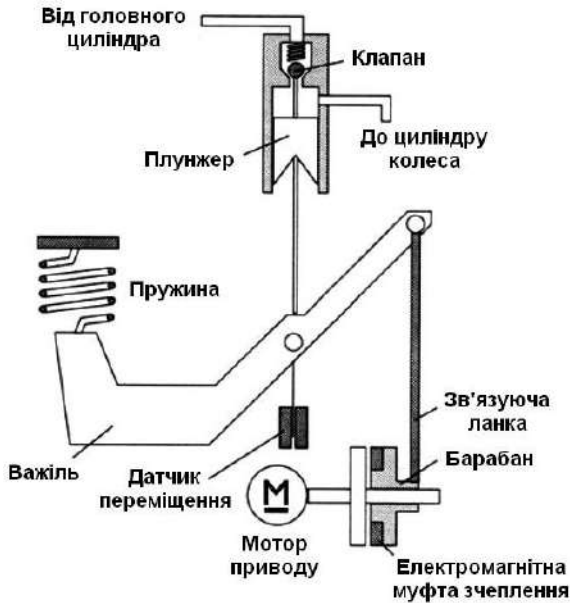


Рисунок 8.5 – Система антиблокування гальм з електромотором і пружиною

Залежно від виробника антипробуксовочна система має наступні торговельні назви:

- ASR (Automatic Slip Regulation, Acceleration Slip Regulation) на автомобілях Mercedes, Volkswagen, Audi та ін.;
- ASC (Anti-Slip Control) на автомобілях BMW;
- A-TRAC (Active Traction Control) на автомобілях Toyota;
- DSA (Dynamic Safety) на автомобілях Opel;
- DTC (Dynamic Traction Control) на автомобілях BMW;
- ETC (Electronic Traction Control) на автомобілях Range Rover;
- ETS (Electronic Traction System) на автомобілях Mercedes;
- STC (System Traction Control) на автомобілях Volvo;
- TCS (Traction Control System) на автомобілях Honda;
- TRC (Traking Control) на автомобілях Toyota.



Рисунок 8.6 – Процес буксування автомобіля в піску

Незважаючи на різноманіття назв, конструкція і принцип роботи даних протибуксовочних систем багато в чому схожі, тому розглянуті на прикладі однієї з найпоширеніших систем – системи ASR. Антипробуксовочна система побудована на конструктивній основі антиблокувальної системи гальм.

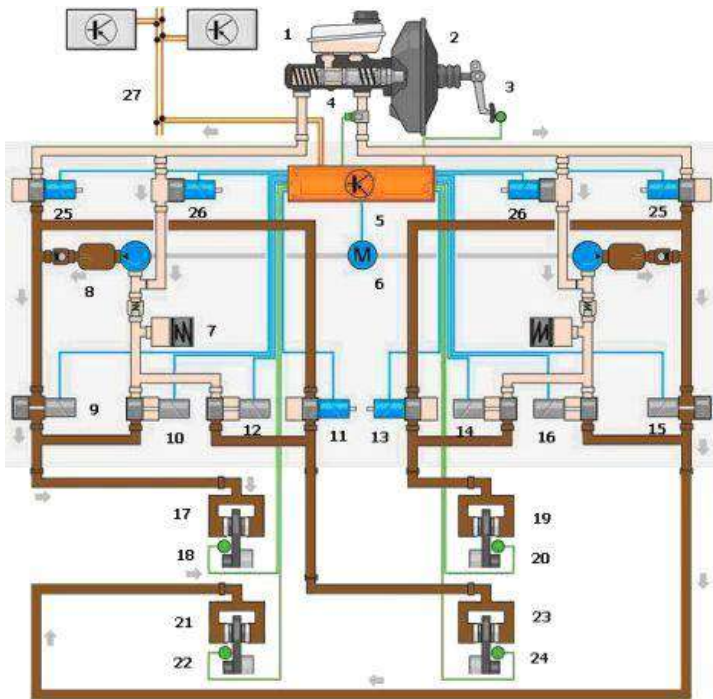
В системі ASR реалізовані дві функції: електронне блокування диференціала і керування крутним моментом двигуна. Для реалізації протибуксовочних функцій в системі використовується насос зворотної подачі і додаткові електромагнітні клапани (перемикаючий і клапан високого тиску) на кожне з ведучих коліс в гідравлічному блоці ABS.

Керування системою ASR здійснюється за рахунок відповідного програмного забезпечення, включеного в блок керування ABS. У своїй роботі блок керування ABS/ASR взаємодіє з блоком керування двигуном.

#### ***Принцип роботи антипробуксовочної системи.***

Система ASR попереджає пробуксовку коліс у всьому діапазоні швидкостей автомобіля:

- при низьких швидкостях руху (від 0 до 80 км/год) система забезпечує передачу крутного моменту за рахунок пригальмовування ведучих коліс;
- при швидкості вище 80 км/год зусилля регулюються за рахунок зменшення крутного моменту двигуна.



- 1 – компенсційний бачок; 2 – вакуумний підсилювач гальм; 3 – датчик положення педалі гальма; 4 – датчик тиску в гальм. системі; 5 – блок керування; 6 – насос зворотної подачі; 7 – акумулятор тиску; 8 – демпфуюча камера; 9 – впускний клапан попереду. лівого гальм. механізму; 10 – випускн. клапан приводу попереду. лівого гальм. механізму; 11 – впускн. клапан приводу задн. правого гальм. механізму; 12 – випускн. клапан приводу задн. правого гальм. механізму; 13 – впускн. клапан приводу передн. правого гальм. механізму; 14 – випускн. клапан приводу передн. правого гальм. механізму; 15 – випускн. клапан приводу задн. лівого гальм. механізму; 16 – випускн. клапан приводу задн. лівого гальм. механізму; 17 – передній лівий гальм. циліндр; 18 – датчик частоти обертання передн. лівого колеса; 19 – передній правий гальм. циліндр; 20 – датчик частоти обертання передн. правого колеса; 21 – задній лівий гальм. циліндр; 22 – датчик частоти обертання задн. лівого колеса; 23 – задній правий гальм. циліндр; 24 – датчик частоти обертання задн. правого колеса; 25 – перемикальний клапан; 26 – клапан високого тиску; 27 – шина даних

Рисунок 8.7 – Схема антипробуксовочної системи ASR

На підставі сигналів датчиків частоти обертання коліс блок керування ABS/ASR визначає наступні характеристики:

- кутове прискорення ведучих коліс;
- швидкість руху автомобіля (на підставі кутової швидкості неприводних коліс);
- характер руху автомобіля – прямолінійний або криволінійний (на підставі порівняння кутових швидкостей неприводних коліс);
- величину проковзування ведучих коліс (на підставі різниці кутових швидкостей приводних і неприводних коліс).

Залежно від поточного значення експлуатаційних характеристик здійснюється керування гальмівним тиском або керування крутним моментом двигуна.

**Керування гальмівним тиском** здійснюється циклічно. Робочий цикл має три фази – збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску. Збільшення тиску гальмівної рідини в контурі забезпечує гальмування ведучого колеса. Воно проводиться за рахунок включення насоса зворотної подачі, закриття перемикаючого клапана і відкриття клапана високого тиску. Утримання тиску досягається за рахунок відключення насоса зворотної подачі. Скидання тиску здійснюється після закінчення пробуксовки при відкритих впускному і перемикаючому клапанах. При необхідності цикл роботи повторюється.

**Керування крутним моментом двигуна** здійснюється у взаємодії з системою керування двигуном. На підставі інформації про проковзування ведучих коліс, одержуваної від датчиків кутової швидкості коліс, і фактичній величині крутного моменту, одержуваної від блоку керування двигуном, блок керування протибуксовочної системи обчислює величину необхідного крутного моменту. Дана інформація передається в блок керування системою керування двигуном і реалізується за допомогою різних дій:

- зміни положення дросельної заслінки;
- пропуску впорскувань палива в системі впорскування;
- пропуску імпульсів запалювання або зміни кута випередження запалювання в системі запалювання;
- скасування перемикання передачі в автомобілях з

автоматичною коробкою передач.

При спрацюванні протибуксовочної системи спалахує контрольна лампа на панелі приладів. Система має можливість відключення.

## 8.8 Система курсової стійкості

Система курсової стійкості (інше найменування – система динамічної стабілізації) призначена для збереження стійкості і керуваності автомобіля за рахунок завчасного визначення та усунення критичної ситуації.



Рисунок 8.8 – Критичний занос автомобіля

З 2011 року оснащення системою курсової стійкості нових легкових автомобілів є обов'язковим в США, Канаді, країнах Євросоюзу. Система дозволяє утримувати автомобіль в межах заданої водієм траєкторії при різних режимах руху (розгоні, гальмуванні, русі по прямій, в поворотах і при вільному коченні).

Залежно від виробника розрізняють наступні назви системи курсової стійкості:

- ESP (Electronic Stability Programme) на більшості автомобілів в Європі й Америці;
- ESC (Electronic Stability Control) на автомобілях Honda, Kia, Hyundai;
- DSC (Dynamic Stability Control) на автомобілях BMW,

- Jaguar, Rover;
- DTSC (Dynamic Stability Traction Control) на автомобілях Volvo;
- VSA (Vehicle Stability Assist) на автомобілях Honda, Acura;
- VSC (Vehicle Stability Control) на автомобілях Toyota;
- VDC (Vehicle Dynamic Control) на автомобілях Infiniti, Nissan, Subaru.

Устрій і принцип дії системи курсової стійкості розглянуті на прикладі найпоширенішої системи ESP, яка випускається з 1995 року.

### *Устрій системи курсової стійкості.*

Система курсової стійкості є системою активної безпеки більш високого рівня і включає антиблокувальну систему гальм (ABS), систему розподілу гальмівних зусиль (EBD), електронне блокування диференціала (EDS), антипробуксовочну систему (ASR).

Система курсової стійкості об'єднує вхідні датчики, блок керування і гідравлічний блок в якості виконавчого пристрою.

**Вхідні датчики** фіксують конкретні параметри автомобіля і перетворюють їх в електричні сигнали. За допомогою датчиків система динамічної стабілізації оцінює дії водія і параметри руху автомобіля.

Використовуються в оцінці дій водія датчики кута повороту рульового колеса, тиску в гальмівній системі, вимикач стоп-сигналу. Оцінюють фактичні параметри руху датчики частоти обертання коліс, поздовжнього і поперечного прискорення, кутової швидкості автомобіля, тиску в гальмівній системі.

Блок керування системи ESP приймає сигнали від датчиків і формує керуючі впливи на виконавчі пристрої підконтрольних систем активної безпеки:

- впускні і випускні клапани системи ABS;
- перемикачі і клапани високого тиску системи ASR;
- контрольні лампи системи ESP, системи ABS, гальмівної системи.

У своїй роботі блок керування ESP взаємодіє з системою керування двигуном і автоматичної коробки передач (через відповідні блоки).

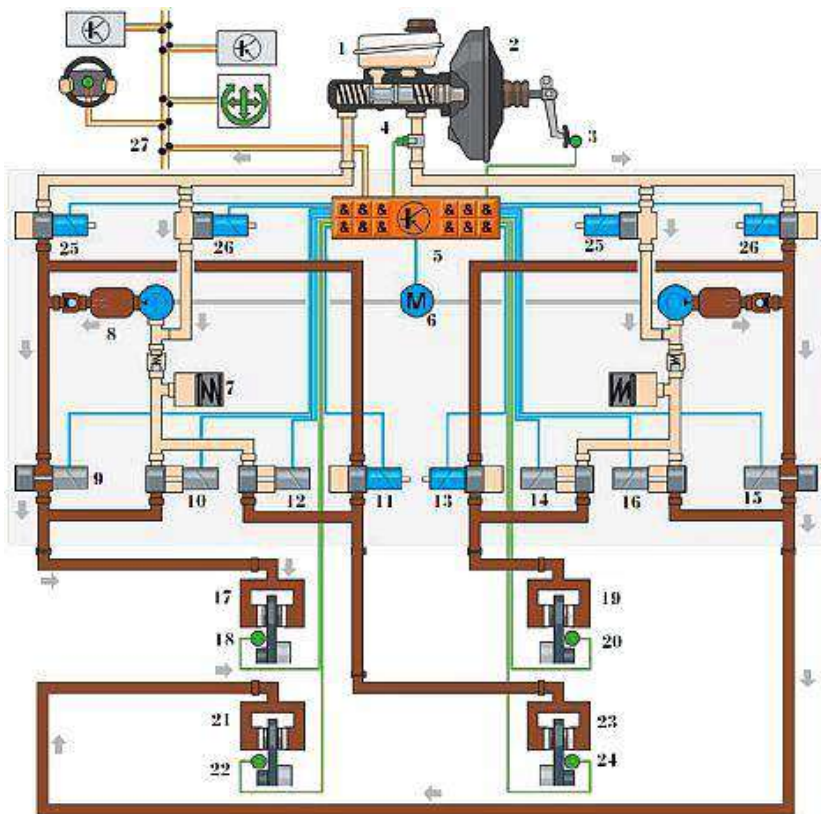


Рисунок 8.9 – Схема системи курсової стійкості ESP  
(позначення позицій ідентичні рис. 8.7)

Крім прийому сигналів від цих систем блок керування формує керуючі впливи на елементи системи керування двигуном і АКПП. Для роботи системи динамічної стабілізації використовується гідравлічний блок системи ABS/ASR з усіма компонентами.

### ***Принцип роботи системи курсової стійкості.***

Визначення настання аварійної ситуації здійснюється шляхом порівняння дій водія і параметрів руху автомобіля. У разі, коли дії водія (бажані параметри руху) відрізняються від фактичних параметрів руху автомобіля, система ESP розпізнає

ситуацію як неконтрольовану і включається в роботу.

Стабілізація руху автомобіля за допомогою системи курсової стійкості може досягатися кількома способами:

- підгальмовуванням певних коліс;
- зміною крутного моменту двигуна;
- зміною кута повороту передніх коліс (при наявності системи активного рульового керування);
- зміною ступеня демпфірування амортизаторів (при наявності адаптивної підвіски).

При недостатній поворотності система ESP запобігає відведенню автомобіля назовні за межі траєкторії повороту, пригальмовуючи заднє внутрішнє колесо і змінюючи крутний момент двигуна.

При надлишковій поворотності заносу автомобіля в повороті запобігає підгальмовування переднього зовнішнього колеса і зміною крутного моменту двигуна.

Пригальмовування коліс проводиться шляхом включення в роботу відповідних систем активної безпеки. Робота при цьому носить циклічний характер: збільшення тиску, утримання тиску і скидання тиску в гальмівній системі.

Зміна крутного моменту двигуна в системі ESP може здійснюватися кількома шляхами:

- зміною положення дросельної заслінки;
- пропуском впорскування палива;
- пропуском імпульсів запалювання;
- зміною кута випередження запалювання;
- скасуванням перемикання передачі в АКПП;
- перерозподілом крутного моменту між осями (при наявності повного приводу).

Система, яка об'єднує систему курсової стійкості, рульове керування і підвіску носить назву інтегрованої системи керування динамікою автомобіля.

### ***Додаткові функції системи курсової стійкості.***

У конструкції системи курсової стійкості можуть бути реалізовані наступні додаткові функції (підсистеми): гідравлічний підсилювач гальм, запобігання перекидання, запобігання зіткненню, стабілізації автопоїзда, підвищення ефективності гальм при нагріванні, видалення вологи з

гальмівних дисків, тощо.

Всі перераховані системи, в основному, не мають своїх конструктивних елементів, а є програмним розширенням системи ESP.

**Система запобігання перекидання ROP** (Roll Over Prevention) стабілізує рух автомобіля при загрозі перекидання. Запобігання перекидання досягається за рахунок зменшення поперечного прискорення шляхом пригальмовування передніх коліс і зниження крутного моменту двигуна. Додатковий тиск в гальмівній системі створюється за допомогою активного підсилювача гальм.

**Система запобігання зіткнення** (Braking Guard) може бути реалізована в автомобілі, оснащеному адаптивним круїз-контролем. Система запобігає небезпеці зіткнення за допомогою візуальних і звукових сигналів, а в критичній ситуації – шляхом нагнітання тиску в гальмівній системі (автоматичного включення насоса зворотної подачі).

**Система стабілізації автопоїзда** може бути реалізована в автомобілі, обладнаним тягово-зчіпним пристроєм. Система запобігає нишпоренню причепа під час руху автомобіля, яке досягається за рахунок гальмування коліс або зниження крутного моменту.

**Система підвищення ефективності гальм при нагріванні FBS** (Fading Brake Support, інше найменування – Over Boost) запобігає недостатнє зчеплення гальмівних колодок з гальмівними дисками, що виникає при нагріванні, шляхом додаткового збільшення тиску в гальмівному приводі.

**Система видалення вологи з гальмівних дисків** активується на швидкості понад 50 км/год і включених склоочисниках. Принцип роботи системи полягає в короткотривалому підвищенні тиску в контурі передніх коліс, за рахунок чого гальмівні колодки притискаються до дисків і відбувається нагрівання дисків і випаровування вологи.

## **8.9 Система керування динамікою автомобіля**

Об'єднання різних електронних систем автомобіля в мережу, крім обміну інформацією, дозволяє організувати їх спільну роботу. На цьому принципі побудована система інтегрованого

керування динамікою автомобіля. Система об'єднує систему курсової стійкості, рульове керування, трансмісію і підвіску автомобіля, які до цього працювали самостійно.

Система керування динамікою автомобіля призначена для підтримки курсової стійкості, підвищення маневреності, зниження навантаження на водія. Система являє собою спеціальне програмне забезпечення, яке встановлюється, як правило, в блок керування системи курсової стійкості. Система не має власних конструктивних елементів, тому системою, як такою, вона є лише умовно. Більшою мірою це маркетинговий хід виробників.

Система керування динамікою автомобіля має декілька назв:

- Vehicle Dynamics Management, VDM у Bosch;
- Vehicle Dynamics Integrated Management, VDIM у Toyota;
- Integrated Chassis Management, ICM у BMW.

В інтегрованій системі керування динамікою автомобіля можуть бути реалізовані наступні функції:

- додатковий крутний момент на рульовому колесі;
- додатковий кут повороту передніх коліс;
- кут повороту коліс задньої осі на задньоприводних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю на повноприводних автомобілях;
- розподіл крутного моменту між правим і лівим ведучими колесами;
- зниження кренів і розгойдування підвіски.

Додатковий крутний момент на рульовому колесі впливає на дії водія. При надлишковій поворотності крутний момент створюється в напрямку, протилежному відведенню. При недостатній поворотності дана функція перешкоджає подальшому повороту рульового колеса. Величина додаткового крутного моменту невелика (до 3 Нм), тому його вплив на динаміку автомобіля мінімальний. Функція додаткового крутного моменту на кермовому колесі реалізована за допомогою електропідсилювача рульового керування.

Створення додаткового кута повороту передніх коліс дозволяє добитися значної стабілізації руху. Для створення додаткового кута повороту коліс використовується

електропідсилювач рульового керування, який за певних умов руху активно втручається в керування автомобілем. Наприклад, в системі активного рульового керування від BMW реалізоване корегування кута повороту передніх коліс при проходженні поворотів і гальмуванні на слизькому покритті.

При надлишкової поворотності колеса повертаються в протилежну сторону, при недостатній поворотності поворотом коліс досягається втрачене зчеплення з дорогою. У більшості випадків втручання в роботу рульового керування дозволяє стабілізувати автомобіль без зниження швидкості руху.

На деяких моделях задньоприводних автомобілів використовується поворот коліс задньої осі. Наприклад, в системі активного керування геометрією підвіски ця функція виконана за допомогою змінної довжини важелів. На малій швидкості поворот задніх коліс в напрямку, протилежному переднім, підвищує маневреність автомобіля. На великій швидкості поворот задніх коліс в одному напрямку з передніми підвищує курсову стійкість автомобіля.

Активний розподіл (перерозподіл) крутного моменту між передньою і задньою віссю застосовується в більшості сучасних систем повного приводу. Ця функція дозволяє управляти динамікою автомобіля, балансує між надлишковою і недостатньою повертальністю.

Розподіл крутного моменту між ведучими колесами в поперечному напрямку реалізується за допомогою електронного блокування диференціала, а також деяких способів фізичного блокування диференціала.

Істотний вплив на підтримання курсової стійкості надає функція керування креном автомобіля. Ця функція здійснюється за допомогою стабілізаторів поперечної стійкості змінної жорсткості і адаптивних амортизаторів в складі активної підвіски. Таким чином, за допомогою об'єднання різних систем автомобіля досягається висока динаміка при збереженні безпеки руху.

## **8.10 Система Стоп-Старт**

Система Стоп-Старт (в літературі також зустрічається інша інтерпретація – система Старт-Стоп) призначена для економії

палива, зниження шкідливих викидів і шуму за рахунок скорочення часу роботи двигуна на холостому ходу. Як показує практика експлуатації автомобіля, режим холостого ходу складає до 30 % загального часу роботи двигуна. Цьому сприяють часті зупинки на світлофорах, знаходження в пробках, які є атрибутами великого міста.

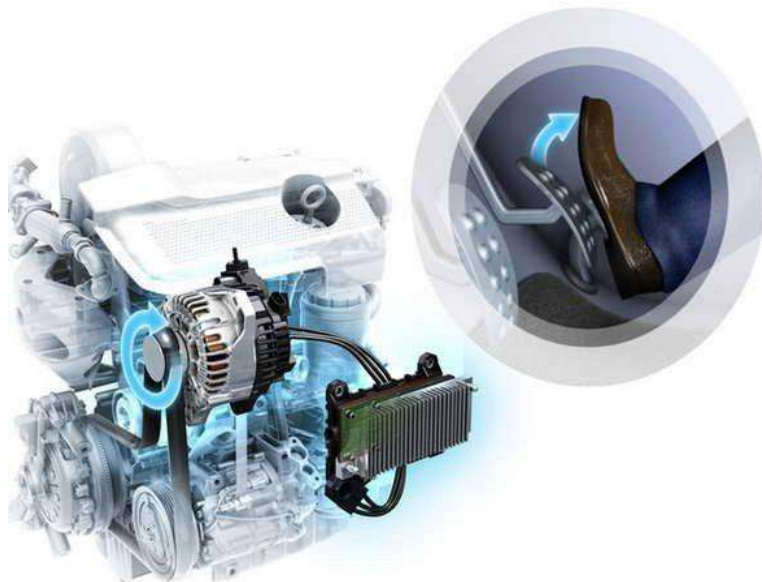


Рисунок 8.10 – Система Стоп-старт

До недавнього часу система Стоп-старт застосовувалася в основному на гібридних автомобілях. Сьогодні ситуація докорінно змінюється. Практично всі провідні автовиробники мають в своєму модельному ряду автомобілі, обладнані цією системою.

Принцип роботи системи Стоп-старт полягає в виключенні двигуна при зупинці автомобіля і його швидкому запуску при натисканні на педаль зчеплення (механічна коробка передач) або відпуску педалі гальма (автоматична коробка передач).

Конструктивно система Стоп-старт об'єднує пристрій, що забезпечує багаторазовий запуск двигуна, і електронну систему керування.

Існує кілька підходів до реалізації функції багаторазового запуску двигуна:

- посилений стартер;
- реверсивний генератор (стартер-генератор);
- впорскування палива в циліндри і займання суміші.

Найпростішим і надійним з точки зору конструкції є система Stop & Start фірми Bosch. Завдяки даній системі назва «стоп-старт» стало загальною назвою інших систем. Система встановлюється на автомобілі Audi, BMW, Volkswagen і забезпечує зниження споживання палива, шкідливих викидів до 8 %.

Основу системи складає спеціальний стартер, розрахований на велику кількість пусків двигуна і має збільшений термін служби. Стартер обладнаний посиленним малощумним механізмом приводу, що гарантує швидкий, надійний і безшумний запуск двигуна.

Система керування здійснює зупинку і запуск двигуна, а також контроль заряду акумуляторної батареї. Як і всі сучасні електронні системи вона включає вхідні датчики, блок керування і виконавчі пристрої.

До вхідних датчиків належать датчики частоти обертання коліс, частоти обертання колінчастого вала, положення педалі зчеплення (положення педалі гальма), положення педалі акселератора, нейтрального положення важеля коробки передач (тільки з МКПП), стану акумуляторної батареї, а також інші датчики системи керування двигуном.

Свого електронного блоку система не має, а використовує потужності блоку керування двигуном, в якому встановлено відповідне програмне забезпечення. Виконавчими пристроями системи є форсунки системи впорскування, котушки запалювання, стартер.

Робота системи Stop & Start носить циклічний характер (вимикання-запуск). Вимкнення двигуна відбувається за таких умов:

- повна зупинка автомобіля;
- переключ важеля коробки передач в нейтральне положення і відпускання педалі зчеплення – для автомобіля з механічною коробкою передач;

- натиснута педаль гальма – для автомобіля з автоматичною коробкою передач.

Крім цього, при прийнятті рішення про виключення двигуна система оцінює частоту обертів двигуна, температуру охолоджуючої рідини, рівень зарядки акумуляторної батареї, режим роботи кліматичної установки.

При непрацюючому двигуні живлення споживачів електричної енергії (кондиціонера, аудіосистеми та ін.) проводиться від акумуляторної батареї.

При натисканні педалі зчеплення (відпуску педалі гальма на автомобілі з автоматичною коробкою передач) система активує стартер і виробляє запуск двигуна. Надалі цикл роботи системи повторюється.

Якщо величина заряду акумуляторної батареї опускається нижче заданої величини, система на підставі сигналу відповідного датчика і команди блоку керування вимикається. Включення системи проводиться після зарядки акумуляторної батареї. Система може бути примусово відключена за допомогою спеціальної кнопки на панелі приладів.

Система Старт-стоп наступного покоління вимикає двигун вже в процесі зупинки автомобіля (до його повної зупинки), чим досягається ще більша економія палива. Процес зупинки автомобіля розпізнається блоком керування за певними параметрами руху: швидкості руху до гальмування, швидкості руху в поточний момент часу, відсутності ухилу дороги, відсутності маневрування. Якщо параметри руху не відповідають заданим значенням, система спрацьовує після повної зупинки автомобіля.

Аналогічну конструкцію має система **ISG (Idle Stop & Go)** від Kia Motors. Основна відмінність даної системи полягає в управлінні автомобільним генератором. Так, при високому навантаженні на двигун для зниження споживання палива генератор відключається, при гальмуванні генератор включається і проводиться підзарядка акумуляторної батареї. При падінні потужності акумуляторної батареї нижче 75 % від номінальної система вимикається. Система вимикається також при використанні кондиціонера.

Система **STARS (Starter Alternator Reversible System)**, що

випускається фірмою Valeo, в своїй роботі використовує реверсивний генератор. Система встановлюється на автомобілях Citroen, Mercedes і дозволяє знизити витрату палива до 10 %.

**Реверсивний генератор** являє собою електричну машину змінного струму, яка в залежності від умов може виконувати функції генератора і стартера. Роботу реверсивного генератора забезпечує спеціальний приводний ремінь і оборотний натягувач, що дозволяє передавати зусилля в двох напрямках. Реверсивний генератор безшумно працює і має менший час запуску (0,4 с в порівнянні з 0,8 с для звичайного стартера).

Керування системою STARS проводиться за допомогою окремого електронного блоку керування, який взаємодіє з блоком керування двигуном. Склад входних датчиків аналогічний іншим системам Стоп-старт.

Подальшим розвитком даної системи є використання рекуперативного гальмування для створення додаткової енергії і зниження витрати палива.

Компанія Mazda розробила систему **SISS (Smart Idle Stop System)**, яка є альтернативою інших систем Стоп-старт. Інша назва системи **i-Stop**. У ній для багаторазового запуску двигуна використовується впорскування палива в циліндри і займання паливно-повітряної суміші. Система встановлюється на бензинові двигуни, обладнані безпосереднім впорскуванням палива.

Для забезпечення роботи системи SISS поршні в циліндрах зупиняються в певних положеннях, оптимальних для подальшого запуску двигуна. З початком руху (при відпуску педалі гальма) в циліндри впорскується паливо і запалюється паливно-повітряна суміш, таким чином, здійснюється запуск двигуна. При запуску двигуна на додаток енергії згоряння палива використовується енергія стартера, який включається на нетривалий час.

Зниження витрати палива при застосуванні даної системи досягає 9 %. Система SISS працює тільки з автоматичною трансмісією.

### **8.11 Система екстреного гальмування**

Вона призначена для ефективного використання гальм в екстреній ситуації. Як показує практика, застосування системи екстреного гальмування на автомобілі дозволяє скоротити

гальмівний шлях в середньому на 15-20%. Це, часом, є вирішальним фактором запобігання аварії або зменшення її наслідків.

Розрізняють два види систем екстреного гальмування – допомоги при екстреному гальмуванні і автоматичного екстреного гальмування. Система допомоги при екстреному гальмуванні дозволяє реалізувати максимальний гальмівний тиск при натисканні водієм на педаль гальма, тобто система догальмовує за нього. Система автоматичного екстреного гальмування створює частковий або максимальний гальмівний тиск без участі водія, тобто автоматично.

***Система допомоги при екстреному гальмуванні.***

Конструкції систем допомоги при екстреному гальмуванні можна розділити на два типи за принципом створення максимального гальмівного тиску: пневматичні і гідравлічні.

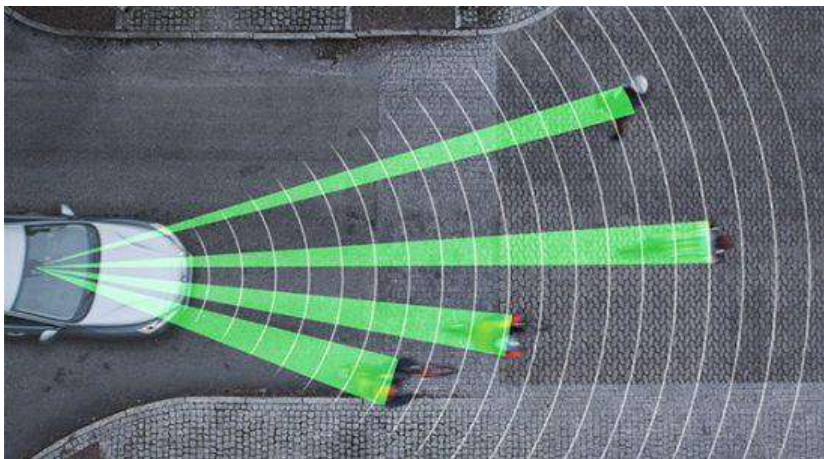


Рисунок 8.11 – Система екстреного гальмування

Системи допомоги при екстреному гальмуванні пневматичного типу забезпечують ефективну роботу вакуумного підсилювача гальм. До них відносяться системи:

- BA (Brake Assist), BAS (Brake Assist System), EBA (Emergency Brake Assist) на автомобілях Mercedes-Benz, BMW, Toyota, Volvo та ін.;

- AFU на автомобілях Renault, Peugeot, Citroen.

Конструктивно дані системи об'єднують датчик швидкості переміщення штока вакуумного підсилювача, електронний блок керування і електромагнітний привод штока.

Система допомоги при екстреному гальмуванні пневматичного типу встановлюється, як правило, на автомобілі, обладнані системою ABS.

Принцип роботи даної системи заснований на розпізнаванні ситуації екстреного гальмування по швидкості натискання педалі гальма. Швидкість натискання на педаль гальма фіксує датчик швидкості переміщення штока вакуумного підсилювача і передає сигнал в електронний блок керування.

Якщо величина сигналу перевищує встановлене значення, електронний блок керування активує електромагніт приводу штока. Вакуумний підсилювач гальм дотискує педаль гальма. Екстрене гальмування відбувається до спрацьовування системи ABS.

Системи допомоги при екстреному гальмуванні гідравлічного типу забезпечують максимальний тиск рідини в гальмівній системі за рахунок використання елементів системи курсової стійкості. До таких систем відносяться:

- HBA (Hydraulic Braking Assistance) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- HBB (Hydraulic Brake Booster) на автомобілях Volkswagen, Audi;
- SBC (Sensortronic Brake Control) на автомобілях Mercedes-Benz;
- DBC (Dynamic Brake Control) на автомобілях BMW;
- BA Plus (Brake Assist Plus) на автомобілях Mercedes-Benz.

**Система HBA** розпізнає екстрену ситуацію по швидкості і силі натискання педалі гальма. В роботі системи використовується датчик тиску в гальмівній системі, датчики частоти обертання коліс, вимикач стоп-сигналу. На підставі одержаних сигналів, електронний блок керування при необхідності включає насос зворотної подачі, який доводить тиск в гальмівній системі до максимального. Дія програми відбувається до спрацьовування системи ABS.

**Система HVB** в певних режимах експлуатації автомобіля (прогрів двигуна та ін.) дублює вакуумний підсилювач гальм. В роботі системи використовуються датчик тиску в гальмівній системі, датчик розрядження в вакуумному підсилювачі, вимикач стоп-сигналу. При недостатньому розрядженні в камерах вакуумного підсилювача система HVB включає насос зворотної подачі і підвищує тиск в гальмівній системі до необхідної величини.



Рисунок 8.12 – Система автоматичного екстреного гальмування

**Система SBC** в своїй роботі враховує безліч факторів, у тому числі: швидкість перенесення ноги з педалі газу на педаль гальма, силу натискання на педаль гальма, якість дорожнього покриття, напрямок руху, інші параметри. Відповідно до конкретних умов руху електронний блок керування формує оптимальне гальмівне зусилля на кожне колесо.

**Система BA Plus** контролює відстань до автомобіля що йде попереду, за допомогою радарів системи DISTRONIC. Якщо відстань

мала і існує небезпека зіткнення проводиться візуальне і звукове попередження водія. Якщо водій гальмує недостатньо ефективно система догальмовує за нього.

**Система автоматичного екстреного гальмування** за допомогою радара (лідара) і відеокамери виявляє автомобілі попереду. У разі можливої аварії (інтенсивного скорочення відстані між автомобілями) система реалізує часткове або максимальне гальмівне зусилля, уповільнює або зупиняє автомобіль. Навіть якщо зіткнення відбулося, наслідки його для обох автомобілів будуть значно меншими.

Конструктивно система автоматичного екстреного гальмування побудована на інших системах активної безпеки – системи адаптивного круїз-контролю (контроль відстані) і системі курсової стійкості (автоматичне гальмування). Відомими системами автоматичного екстреного гальмування є:

- Pre-Safe Brake на автомобілях Mercedes-Benz;
- Collision Mitigation Braking System, CMBS на автомобілях Honda;
- City Brake Control на автомобілях Fiat;
- Active City Stop і Forward Alert на автомобілях Ford;
- Forward Collision Mitigation, FCM на автомобілях Mitsubishi;
- City Emergency Brake на автомобілях Volkswagen;
- Collision Warning with Auto Brake і City Safety на автомобілях Volvo;
- Predictive Emergency Braking System, PEBS від Bosch;
- Automatic Emergency Braking, AEB від TRW.

Необхідно відзначити, що в перерахованих системах крім автоматичного екстреного гальмування реалізовані інші функції, серед яких попередження водія про небезпеку зіткнення, активація деяких пристроїв пасивної безпеки. Тому дані системи ще називають превентивними системами безпеки.

## **8.12 Система розподілу гальмівних зусиль**

Система розподілу гальмівних зусиль призначена для запобігання блокування задніх коліс за рахунок керування гальмівним зусиллям задньої осі. Сучасний автомобіль влаштований так, що на задню вісь припадає менше

навантаження, ніж на передню. Тому для збереження курсової стійкості автомобіля, блокування передніх коліс повинне наступати раніше задніх коліс.

При різкому гальмуванні автомобіля відбувається додаткове зменшення навантаження на задню вісь, так як центр ваги зміщується вперед. А задні колеса, при цьому, можуть виявитися заблокованими.

Система розподілу гальмівних зусиль є програмним розширенням антиблокувальної системи гальм. Іншими словами, система використовує конструктивні елементи системи ABS в новій якості.

Загальноприйнятими торговими назвами системи є:

- EBD, Electronic Brake Force Distribution;
- EBV, Elektronische Bremskraftverteilung.

***Принцип роботи системи розподілу гальмівних зусиль.***

Робота системи EBD, також як і системи ABS, носить циклічний характер. Цикл роботи включає три фази:

- утримання тиску;
- скидання тиску;
- збільшення тиску.

За даними датчиків частоти обертання коліс, блок керування ABS порівнює гальмівні зусилля передніх і задніх коліс. Коли різниця між ними перевищує задану величину, включається алгоритм системи розподілу гальмівних зусиль.

На підставі різниці сигналів датчиків, блок керування визначає початок блокування задніх коліс. Він закриває впускні клапани в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс. Тиск в контурі задніх коліс утримується на поточному рівні. Впускні клапани передніх коліс залишаються відкритими. Тиск в контурах гальмівних циліндрів передніх коліс продовжує збільшуватися до початку блокування передніх коліс. Якщо колеса задньої осі продовжують блокуватися, відкриваються відповідні впускні клапани і тиск в контурах гальмівних циліндрів задніх коліс зменшується.

При перевищенні кутової швидкості задніх коліс заданого значення, тиск в контурах збільшується. Відбувається гальмування задніх коліс. Робота системи розподілу гальмівних зусиль закінчується з початком блокування передніх (ведучих)

коліс. При цьому в роботу включається система ABS.

### 8.13 Система виявлення великих тварин

Зіткнення з великими дикими тваринами є серйозною проблемою дорожнього руху. Особливо гостро це питання стоїть в північних європейських країнах Швеції, Норвегії, Фінляндії, а також в США і Канаді. Росію також можна додати в цей список.

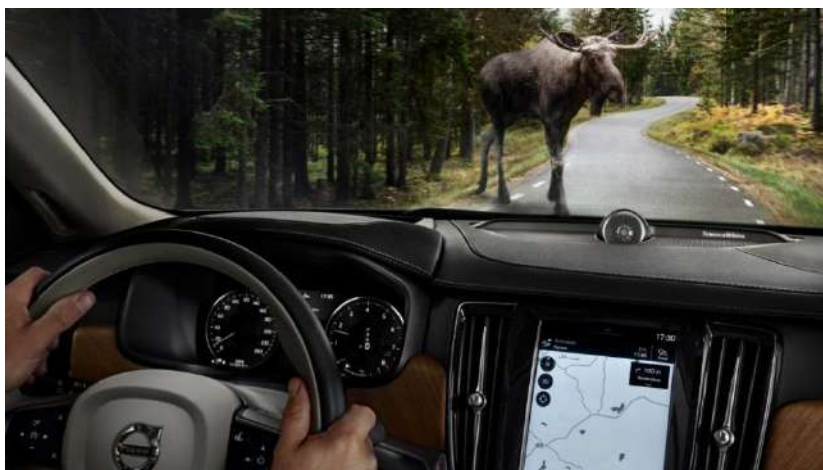
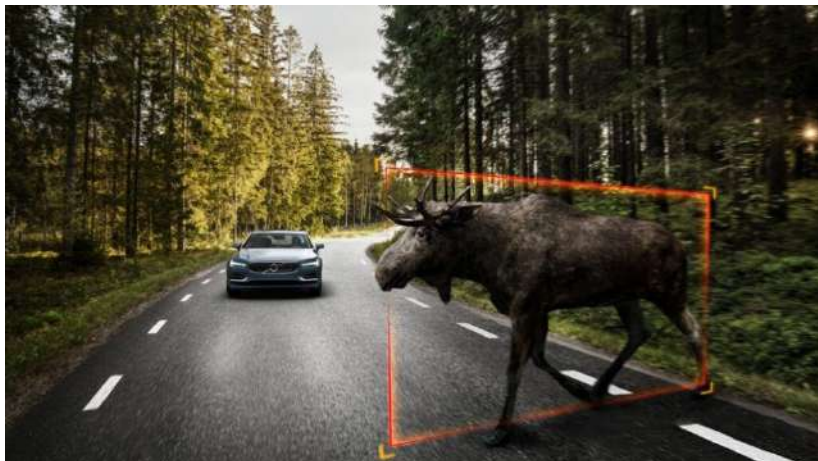


Рисунок 8.13 – Система виявлення великих тварин (Large Animal Detection System)

Як показує статистика, 6 % всіх зіткнень становлять аварії за участю великих диких тварин. Можна уявити наслідки зіткнення з дорослим лосем для пасажирів і транспортного засобу. І чим вище швидкість руху, тим серйозніше наслідки аварії. Навіть якщо водієві вдалося уникнути зіткнення з твариною, утримати автомобіль на дорозі і уникнути аварії не завжди вдається.

Шведська компанія Volvo, перша з автовиробників, розробила систему виявлення великих тварин і встановлює її на свої серійні автомобілі. Система виявлення великих тварин є подальшим розвитком системи виявлення пішоходів.

Вона використовує ті ж апаратні засоби (відеокамера, радар) що і Pedestrian Detection System, а відрізняється тільки програмним забезпеченням, яке дозволяє розпізнавати форму диких тварин, характер їх переміщення.

Система визначає великих диких тварин (лось, олень), а також домашніх тварин (кінь, корова). Тварин розміром поменше (козуля, кабан) система не визначає. Для виявлення диких тварин використовується відеокамера і радар, які доповнюють один одного. При виявленні тварини, система попереджає водія сигналом. При необхідності проводиться автоматичне екстрене гальмування автомобіля. Якщо зіткнення з твариною уникнути не вдається, зниження швидкості істотно зменшує наслідки аварії.

Інакше підійшли до вирішення проблеми безпеки в Канаді, запропонувавши придорожню систему виявлення великих тварин.

Пілотний проект Large Animal Detection System, LADS (інша назва – Roadway Animal Detection System, RADS) відстежує рух великих диких тварин і попереджає водія про їх наближення до дороги.

Для виявлення тварин система використовує датчики, які розташовуються на стовпах уздовж дороги. Раніше в якості таких датчиків використовувався лідар, але через часті помилкові спрацьовування (дрібні тварини, опади, рослинність) він був замінений на радар.

Радар посилає сигнал у всіх напрямках в радіусі 700 м. По відбитому сигналу система судить про наявність і напрямок руху тварин. Коли лось або олень наближаються до дороги, спрацьовують сигнальні вогні жовтого кольору.



Рисунок 8.14 – Наслідки зіткнення  
автомобіля з лосем

Миготіння вогнів відбувається протягом трьох хвилин, правда тварина за цей час може далеко піти від дороги і не становити небезпеку. Живлення системи здійснюється від сонячних батарей і резервних акумуляторів.

Як заявляє виробник, система LADS знижує небезпеку зіткнення з великими тваринами до 80 %.

#### **8.14 Система допомоги при спуску**

Система допомоги при спуску призначена для запобігання прискорення автомобіля при русі по гірських дорогах. Наявність даної системи на автомобілі підвищує зручність керування і безпеку. Система допомоги при спуску встановлюється, як правило, на легкові автомобілі підвищеної прохідності.

Залежно від автовиробника система має такі назви:

- HDC, Hill Descent Control від Volkswagen, BMW та ін.;
- DAC, Downhill Assist Control від Toyota;
- DDS, Downhill Drive Support від Nissan.

Система допомоги при спуску є програмним розширенням системи курсової стійкості і використовує конструктивні елементи даної системи, тому за своєю суттю є функцією, а не системою.

Принцип роботи системи заснований на підтримці постійної швидкості при спуску за рахунок пригальмовування коліс. Система активується включенням відповідної клавіші на приладовій панелі. При цьому алгоритм керування системи спрацьовує при певних умовах: автомобіль заведений, педалі газу і гальма відпущені, швидкість руху менше 20 км/год, ухил який може здолати – більше 20 %.

Схема системи курсової стійкості повністю ідентична рис. 8.9.

На підставі сигналів датчиків блок керування вмикає насос зворотної подачі, відкриває впускні клапани і клапани високого тиску. Випускні і перемикальні клапани закриті. За рахунок цих маніпуляцій в гальмівній системі створюється необхідний тиск, який забезпечує зниження швидкості автомобіля до певного значення. Величина підтримуваної системою швидкості залежить від початкової швидкості автомобіля і включеної передачі.

При досягненні автомобілем швидкості заданого значення, гальмування припиняється. При подальшому прискоренні цикл роботи системи допомоги при спуску повторюється. Таким чином, швидкість руху на спуску підтримується в певному безпечному діапазоні.

Система допомоги при спуску деактивується примусово (повторним натисканням клавіші) або автоматично при натисканні на педаль газу або гальма, а також зниження величини ухилу менше 12 %.

### **8.15 Система допомоги при підйомі**

Система допомоги при підйомі призначена для запобігання відкочування автомобіля при рушанні на підйомі (похилій площині). Застосування даної системи полегшує рушання

автомобіля на підйомі, виключаючи використання стоянкового гальма, і підвищує безпеку. Система встановлюється в якості опції на деякі легкові автомобілі.

Залежно від автовиробника система має наступну назву:

- HHC, Hill Hold Control від Volkswagen;
- Hill Holder від Subaru, Fiat;
- HAC, Hill-Start Assist Control від Toyota;
- USS, Uphill Start Support від Nissan.

Система допомоги при підйомі побудована на базі системи динамічної стабілізації і є програмним розширенням даної системи, тому системою, як такою, вона не є.

Принцип роботи системи заснований на уповільненні зниження тиску в гальмівній системі при відпусканні педалі гальма. Алгоритм роботи системи допомоги при підйомі активізується при певних умовах: автомобіль заведений, педаль гальма натиснута, величина підйому перевищує 5 %.

Система працює циклічно. Цикл роботи включає чотири фази:

- створення гальмівного тиску;
- утримання гальмівного тиску;
- зниження гальмівного тиску;
- скидання гальмівного тиску.

Схема системи курсової стійкості повністю ідентична рис. 8.9.

При гальмуванні на підйомі гальмівна система працює в режимі, при якому впускні і перемикальні клапани відкриті, а випускні та клапани високого тиску закриті. В результаті в системі створюється гальмівний тиск, який утримує автомобіль на місці.

При відпусканні педалі гальма закриваються перемикальні клапани, в контурах утримується тиск на колишньому рівні, чим запобігає відкочування автомобіля назад. При натисканні на педаль газу відбувається поступове відкриття перепускних клапанів, чим забезпечує зниження гальмівного тиску.

При рушанні автомобіля з місця і досягненні крутним моментом достатньої для руху величини, перемикальні клапани повністю відкриваються, і відбувається скидання тиску в системі. Необхідно відзначити, що система працює завжди на підйом,

незалежно від напрямку руху, що актуально для рушання на підйомі заднім ходом.

### **8.16 Адаптивний круїз-контроль**

Адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC) призначений для автоматичного керування швидкістю руху автомобіля. Адаптивний круїз-контроль є подальшим розвитком системи круїз-контролю, яка підтримує задану постійну швидкість руху.

Відомими системами адаптивного круїз-контролю є:

- Preview Distance Control від Mitsubishi;
- Radar Cruise Control від Toyota;
- DISTRONIC (DISTRONIC PLUS) від Mercedes-Benz;
- Active Cruise Control від BMW;
- Adaptive Cruise Control від Volkswagen, Audi, Honda.

Система адаптивного круїз-контролю включає датчик відстані, блок керування і виконавчі пристрої.

Датчик відстані слугує для вимірювання швидкості і відстані до автомобіля що йде попереду. В якості датчика відстані використовуються радары або лідари. Радар (Radar, Radio Detection and Ranging) випромінює електромагнітні хвилі на об'єкт і отримує зворотний сигнал – відлуння.

Швидкість автомобіля що йде попереду, оцінюється по зміні частоти відбитої хвилі, а відстань до машини – по часу повернення сигналу. Встановлені параметри перетворюються в електричні сигнали і передаються в блок керування.

Лідар (Lidar, Light Detecting and Ranging) використовує інфрачервоний лазерний промінь. Принцип дії лідара аналогічний радару. Лазерні датчики дешевше радарів, але схильні до впливу погодних умов, тому на автомобілях преміум-класу в системі адаптивного круїз-контролю використовуються, в основному, радары. Датчик відстані встановлюється на передньому бампері або решітці радіатора автомобіля.

Радіус дії датчика складає близько 150 м. У останніх розробках адаптивного-круїз-контролю використовуються датчики відстані короткого і довгого діапазонів. Датчик короткого діапазону забезпечує уповільнення автомобіля до повної зупинки. Датчик довгого діапазону – до 30 км/год.

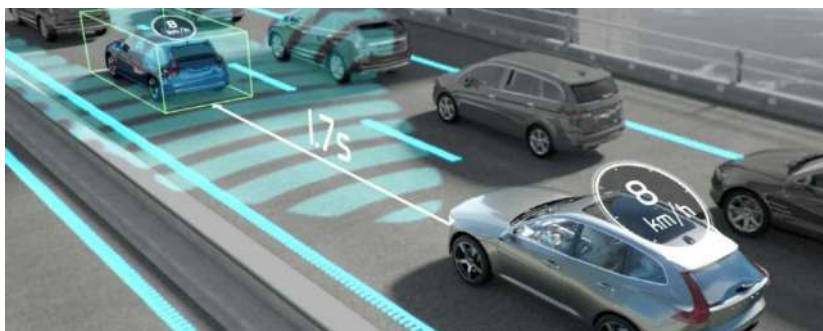


Рисунок 8.15 – Візуалізація роботи радарних датчиків системи адаптивного круїз-контролю

Це розширює функціональні можливості системи і дозволяє її використовувати при русі автомобіля з малою швидкістю на невеликій дистанції (наприклад, при русі в заторах). Наприклад, в системі DISTRONIC Plus використовуються три датчики – один далекого і два ближньої дії.

Електронний блок керування приймає сигнали від датчиків відстані, а також вхідну інформацію від інших систем, за допомогою яких визначається:

- швидкість і дистанція до автомобіля що йде попереду;
- швидкість керованого автомобіля;
- кут повороту рульового колеса;
- бічне прискорення;
- радіус кривої.

Програмне забезпечення, встановлене в блоці, порівнює фактичні параметри руху з заданими, на підставі якого формуються управляючі дії зі зміни швидкості руху. Своїх виконавчих пристроїв система АСС не має, а використовує інші електронні системи автомобіля, з якими зв'язується через відповідні блоки керування (система курсової стійкості, дросельна заслінка з електричним приводом, автоматична коробка передач).

### ***Принцип роботи системи АСС.***

Робота системи адаптивного круїз-контролю здійснюється в діапазоні швидкостей від 30 до 180 км/год. Сучасні системи АСС підтримують швидкісний режим від 0 до 200 км/год, а також режим гальмування і старту в умовах щільного руху (функція Stop and Go).

Адаптивний круїз-контроль забезпечує рух автомобіля в режимах постійної швидкості, прискорення й уповільнення. При відсутності на дорозі інших автомобілів, система підтримує задану водієм швидкість. При прискоренні чи перестроюванні автомобіля що йде попереду, відбувається прискорення автомобіля до заданої водієм швидкості.

При уповільненні або перестроювання з сусіднього ряду автомобіля що йде попереду, відбувається уповільнення автомобіля до заданої водієм дистанції. На низькій швидкості уповільнення досягається за рахунок роботи гальмівної системи (збільшення тиску гальмівної рідини в системі), на високій швидкості – за рахунок зниження потужності двигуна (зменшення подачі повітря через дросельну заслінку) і, при необхідності, роботи гальмівної системи.

З метою підвищення безпеки автомобіля окремі конструкції адаптивного круїз-контролю можуть бути доповнені системами превентивної безпеки, екстреного гальмування, GPS-навігації.

Адаптивний круїз контроль служить технічною основою розроблених систем автоматичного керування автомобілем.

### 8.17 Система допомоги руху по смузі

Система допомоги руху по смузі (інші назви – помічник руху по смузі, система утримання смуги руху) допомагає водієві дотримуватися обраної смуги руху і тим самим, запобігати аварійним ситуаціям. Система ефективна при русі по автомагістралях і облаштованим федеральним дорогам, тобто там, де є якісна дорожня розмітка.



Рисунок 8.16 – Система допомоги руху по смузі

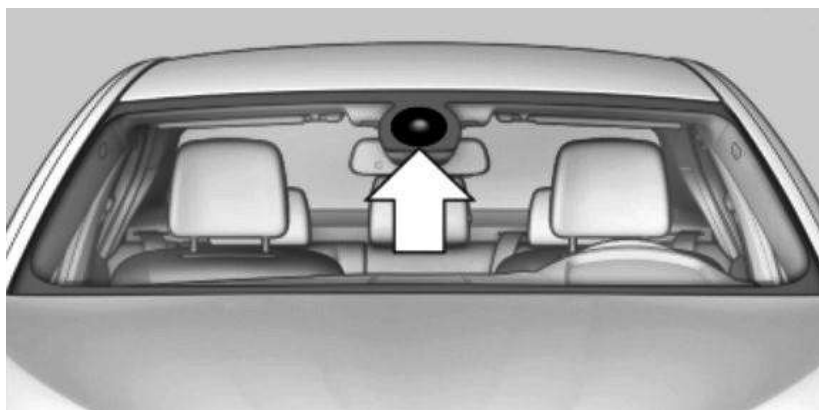


Рисунок 8.17 – Місце розміщення відеокамери системи допомоги руху по смузі

Розрізняють два види систем допомоги руху по смузі: пасивні та активні. Пасивна система попереджає водія про відхилення від обраної смуги руху. Активна система поряд з попередженням здійснює коригування траєкторії руху.

У різних автовиробників система утримання смуги руху має свої торгові назви, але пропонувані системи мають, в основному, схожу конструкцію:

- Lane Assist від Audi, Volkswagen, SEAT;
- Lane Departure Warning System від BMW, Citroen, Kia, General Motors, Opel, Volvo;
- Lane Departure Prevention від Infiniti;
- Lane Keep Assist System від Honda, Fiat;
- Lane Keeping Aid від Ford;
- Lane Keeping Assist від Mercedes-Benz;
- Lane Keeping Support System від Nissan;
- Lane Monitoring System від Toyota.

Система допомоги руху по смузі є електронною системою і включає клавішу керування, відеокамеру, блок керування і виконавчі механізми. За допомогою клавіші керування проводиться включення системи. Клавіша може розташовуватися на важелі перемикачів показчиків повороту, панелі приладів або центральній консолі.

Відеокамера робить запис зображення на певній відстані від автомобіля і його оцифровку. В системі використовується монохромна камера, яка розпізнає лінії розмітки як різку зміну градації сірого. Камера об'єднана з блоком керування. Об'єднаний блок розташовується на лобовому склі за дзеркалом заднього виду. Виконавчими пристроями системи допомоги руху по смузі є контрольна лампа, звуковий сигнал, вібромотор на рульовому колесі, нагрівальний елемент лобового скла, електродвигун електромеханічного підсилювача керма.

Інформація про роботу системи виводиться на панель приладів у вигляді контрольної лампи. Попередження водія проводиться за допомогою вібрації рульового колеса, а також подачі візуальних звукових і світлових сигналів. Вібрацію створює вібромотор, вбудований в рульове колесо. Нагрівальний елемент розташовується на вітровому склі, при необхідності автоматично включається, усуває запотівання і обмерзання вікна

камери.

Коректування траєкторії руху здійснюється примусовим підрулення системи рульового керування за допомогою електромеханічного підсилювача керма (більшість систем) або підгальмовуванням коліс з одного боку автомобіля (система Lane Departure Prevention).

Під час роботи активної системи допомоги руху по смузі реалізуються такі основні функції:

- розпізнавання траєкторії смуги руху;
- візуальне інформування про роботу системи;
- коректування траєкторії руху;
- попередження водія.

Обстановка перед автомобілем проектується на світлочутливу матрицю камери і перетворюється в чорно-біле зображення, яке аналізується електронним блоком керування.

Алгоритм роботи блоку керування визначає положення ліній розмітки смуги, оцінює якість розпізнавання розмітки, обчислює ширину смуги та її кривизну, розраховує положення автомобіля на смузі. На підставі проведених обчислень здійснюються керуючий вплив на рульове керування (гальмівну систему), і якщо необхідний ефект утримання автомобіля на смузі не досягається – попереджається водій (вібрація рульового колеса, звуковий і світловий сигнали).

Необхідно відзначити, що величина крутного моменту, що прикладається до рульового механізму (гальмівного зусилля на двох колесах з одного боку автомобіля) невелика і в будь-який момент може бути подолана водієм.

При навмисному перестроюванні з однієї смуги на іншу потрібно включити сигнал повороту, інакше система буде перешкоджати маневру. При несприятливих умовах (відсутність однієї лінії або всієї розмітки, забруднене або засніжене дорожнє полотно, вузька смуга руху, нестандартна розмітка на ремонтаних ділянках, поворот малого радіусу) система деактивується.

Передбачено три режими роботи системи допомоги руху по смузі:

- система включена і активована (активний режим);
- система включена і деактивована (пасивний режим);

- система вимкнена.

### **8.18 Система інтелектуального регулювання швидкості**

Система інтелектуального регулювання швидкості (Intelligent Speed Assistance, ISA) – це електронна система, яка забезпечує рух автомобіля з дозволеною швидкістю на конкретній ділянці дороги. Іншими словами, система ISA допомагає водієві дотримуватися допустимої швидкості руху.

За заявами розробників, використання системи примусового обмеження швидкості може привести до скорочення ДТП на 30 %. Розрізняють пасивну і активну системи інтелектуального регулювання швидкості. Пасивна система попереджає водія про перевищення допустимої швидкості руху. Попередження реалізується у вигляді візуальних (інформація на приладовій панелі), звукових або тактильних (збільшення зусилля на педалі акселератора) сигналів.

Система визначає необхідність обмеження швидкості шляхом оптичного зчитування дорожніх знаків. Для зчитування дорожніх знаків використовується відеокамера.

Робота системи носить інформативний або рекомендаційний характер, тому водій самостійно вирішує, уповільнювати автомобіль чи ні. Пасивна система регулювання швидкості має власну усталену назву – система розпізнавання дорожніх знаків.

Активна система регулювання швидкості автоматично коригує швидкість руху автомобіля, впливаючи на дросельну заслінку і (або) гальмівну систему.

Система визначає необхідність обмеження швидкості, ґрунтуючись на зіставленні інформації про місцезнаходження транспортного засобу з обмеженнями швидкості в цьому місці. Місцезнаходження автомобіля визначається за допомогою GPS-системи. Швидкісна характеристика конкретної ділянки дороги надає навігаційна система, інформаційною основою якої є електронна карта.

Крім цього інформація про окремі об'єкти дорожньої інфраструктури (пішохідні переходи, залізничні переїзди, школи, лікарні, тощо) може бути отримана по радіоканалу. Даний спосіб є елементом перспективної системи комунікації між автомобілем та інфраструктурою (Infrastructure-to-Vehicle).

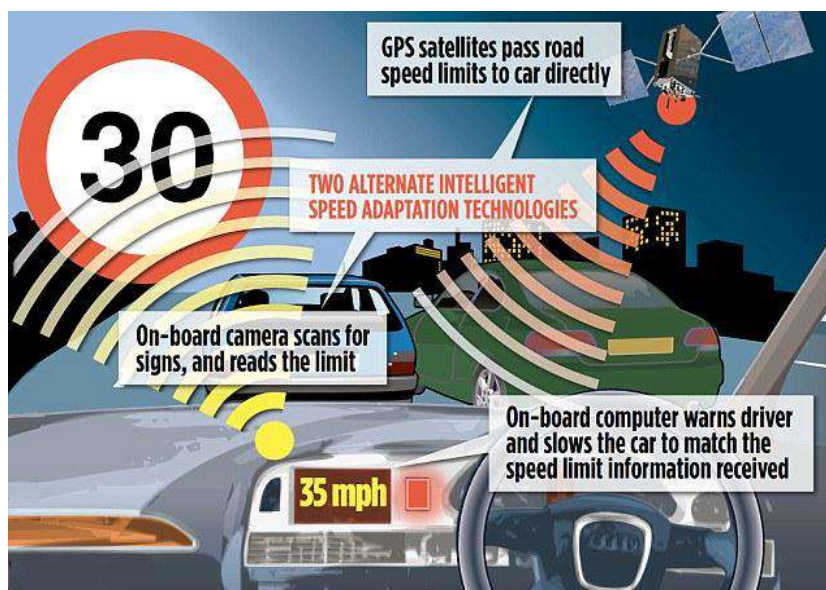
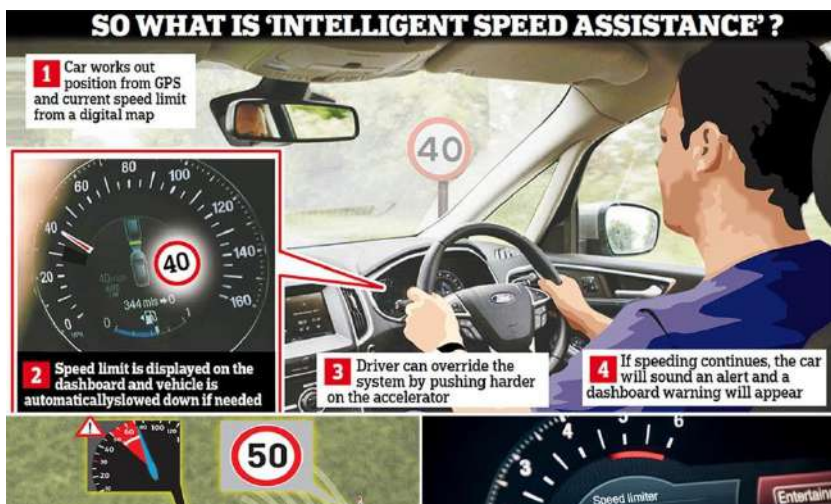


Рисунок 8.18 – Система інтелектуального регулювання швидкості

В роботі активної системи регулювання швидкості використовуються інші входні пристрої: датчики частоти

обертання колеса, гіроскоп, акселерометр.

Дослідні використання активних систем регулювання швидкості виявили рад проблем, що стримують їхнє широке впровадження:

- зниження уваги до швидкісного режиму, пов'язане із зайвою впевненістю водія;
- можливі труднощі при обгоні і як наслідок необхідність виключення системи;
- скорочення пропускної здатності доріг, ймовірність виникнення заторів.

В результаті кращим обмежувачем швидкості руху автомобіля поки є усвідомлені дії самого водія.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які були причини розробки системи антиблокування гальм?
2. Опишіть три головні фази управління в системі ABS?
3. Які вимоги висувають до системи ABS?
4. Намалюйте принципову схему ABS та поясніть принцип її роботи.
5. Які параметри використовує система ABS?
6. Які три головні компоненти присутні у всіх моделях систем ABS?
7. Як працює датчик швидкості колеса?
8. Назвіть параметри самоперевірки блоку управління ABS.
9. Яке призначення гідравлічного модулятора?
10. Назвіть три головних недоліки системи ABS.
11. Як відбувається керування гальмами автомобіля з системою ABS?
12. Як впливає надмірна вібрація осі автомобіля у сучасних системах м'якої підвіски на роботу системи ABS?
13. Назвіть основні положення стратегії функціонування системи антиблокування гальм (п'ять пунктів).
14. Які є нестандартні варіанти ABS?
15. Для чого призначена антипробуксовочна система?
16. Назвіть складові частини антипробуксовочної системи.
17. Розкажіть принцип роботи антипробуксовочної системи.
18. Для чого призначена система динамічної стабілізації?
19. Як працює система курсової стійкості?

20. Яке призначення системи керування динамікою автомобіля?
21. Які функції можуть бути реалізовані в інтегрованій системі керування динамікою автомобіля?
22. Як працює система Стоп-старт?
23. Які існують варіанти реалізації функції багаторазового запуску двигуна?
24. За яких умов в системі Stop & Start відбувається вимкнення двигуна?
25. Що являє собою реверсивний генератор?
26. Для чого призначена система екстреного гальмування?
27. Як працює система розподілу гальмівних зусиль?
28. Які є варіанти системи виявлення великих тварин?
29. Як працює система допомоги при спуску?
30. Для чого призначена система допомоги при підйомі і як вона працює?
31. Що собою являє адаптивний круїз-контроль (Adaptive Cruise Control, ACC)?
32. Як працює лідар?
33. Розкажіть принцип роботи системи допомоги руху по смузі.

## 9 СИСТЕМИ ОСВІТЛЕННЯ

### 9.1 Принципи освітлення

Системи освітлення транспортного засобу дуже важливі, особливо якщо це пов'язане з дорожньою безпекою. Якщо фари раптово відмовлять уночі й на високій швидкості, результат може бути катастрофічним. Ще зовсім недавно для попередження водія про можливі відмови використовувалося чимало методів – від автоматичних перемикачів і до теплових контакторів, що змушують вогні мигати до того, як спрацює плавкий запобіжник. У сучасних системах запобіжником оснащують кожен нитку лампи окремо, і якщо навіть відмовить ланцюг живлення фар далекого світла, близьке світло ще буде працювати.

Автомобільне освітлення пройшло довгий шлях свого розвитку, починаючи з того часу, коли використовувалися ацетиленові ліхтарі!

Ключове завдання автомобільних вогнів полягає в тому, що вони повинні дозволяти водію:

1. Бачити в темряві.
2. Бути помітними в темряві (або в умовах поганої видимості).

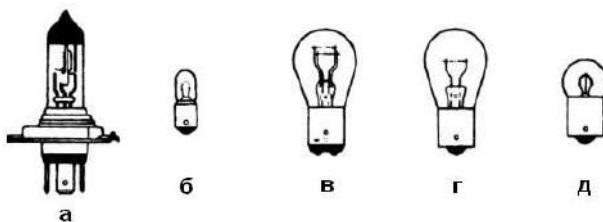
Бічні вогні, задні ліхтарі, гальмові сигнали та інші є відносно простими пристроями. Передні фари створюють більшу частину проблем, тому що при близькому світлі вони повинні забезпечити адекватну освітленість для водія, але не засліплювати інших учасників руху.

За минулі роки випробувано багато методів і зроблено чимало вдосконалень, але конфлікт між спостереженням і осліпленням дуже важко подолати. Далі ми розглянемо одну з розробок – ультрафіолетове (УФ) освітлення, яке є одним із шляхів вирішення цього питання.

### 9.2 Лампи

Перші лампи накалювання були створені росіянином винахідником Олександром Лодигіним в 1872-1875 рр. У Великобританії першу лампочку продемонстрував Джозеф Сван в 1878 р. Д. Сван і Т. Едісон удосконалили конструкцію лампи й

зробили її довговічною й технологічною. Із цього моменту відбувається їхнє постійне вдосконалення. Форми й розміри ламп, використовуваних на транспортних засобах, а також їх кількість безперервно змінюються, відповідно росте номенклатура використовуваних ламп. На рис. 9.1 показаний найпоширеніший набір. Більшість ламп для освітлення автомобіля – це лампи накалювання з вольфрамовою ниткою, звичайні або галогенні.



а – лампа передніх фар; б – лампа бічного покажчика;  
в – лампа стоп-сигналів, задніх ліхтарів; г – лампа аварійної  
сигналізації; д – лампа освітлення номера

Рисунок 9.1 – Стандартний набір ламп

У звичайній лампі накалювання вольфрамова нитка нагрівається електричним струмом до розпеченого стану. У вакуумі температура нитки приблизно  $2\ 300^{\circ}\text{C}$ . Метал вольфрам – важкий хімічний елемент, його символ W, атомне число – 74, питома вага –  $19,3\ \text{г/см}^3$ .

Чистий метал має колір від сіро-сталевого до олов'яно-білого. У нього найвища точка плавлення серед усіх металів –  $3\ 410^{\circ}\text{C}$ . Чистий вольфрам легко кується, гнеться, тягнеться й пресується, але в присутності домішок стає ламким і може бути оброблений на превелику силу. Вольфрам окиснюється на повітрі, особливо при високих температурах, але стійкий до корозії й досить незначно підданий впливу більшості мінеральних кислот. Тому вольфрам або його сплави ідеальні для використання як нитки електричних лампочок. Нитка звичайно намотана «спіраллю в спіралі», щоб створити підходящу довжину тонкого провідника в маленькому обсязі я забезпечити малий механічний натяг нитки. На рис. 9.2 показана типова нитка

лампи. Якщо згадана вище температура перевищена, навіть у вакуумі, то нитка стає дуже крихкою й руйнується.

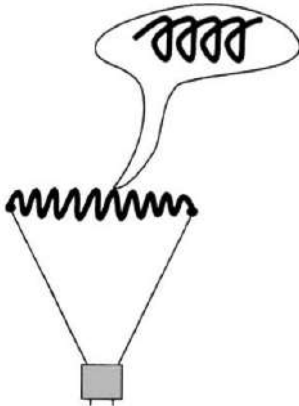


Рисунок 9.2 – Нитка в лампі виглядає як спіраль зі спіралі

Ось чому напруга, при якій експлуатується лампа, повинна підтримуватися в строгих межах. Вакуум у лампі запобігає потоку тепла від нитки до корпусу але обмежує робочу температуру.

Все більше звичними стають газонаповнені лампи, де скляна лампа заповнена під тиском інертним газом, наприклад аргоном. Це дозволяє нитці, не перегорючи, працювати при більш високій температурі й випромінювати більше яскраве світло. Ці лампи дають більше світла в порівнянні з вакуумною лампою (близько 17 лм/Вт проти 11 лм/Вт).

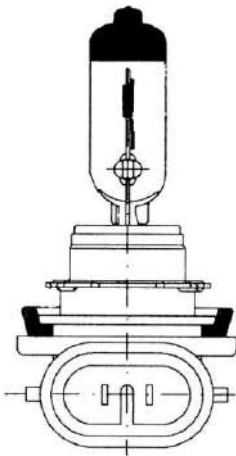


Рисунок 9.3 – Галогенова лампа

Майже всі транспортні засоби тепер використовують для фар вольфрамові галогенні лампи, оскільки вони в змозі створювати приблизно 24 лм/Вт (деякі сучасні конструкції навіть більше). Така лампа служить довго, і її колба не чорніє через якийсь час, як інші лампи. Почорніння скла відбувається тому, що у звичайних газонаповнених лампах за певний період часу близько 10 % металу нитки випаровується й осідає на стінках лампи. На рис. 9.3 показана вольфрамова галогенна лампа фари.

В галогенних лампах у газ, що наповнює колбу, вводяться деяка кількість галогенів – головним чином, з'єднань йоду. Назва «галогени» походить від грецьких слів hal(os)- і

gen(os), що означає «солі що створюють». Чотири галогени – бром, хлор, фтор та йод – утворюють групу VIIA періодичної таблиці елементів.

Вони є дуже активними елементами й у вільному стані в природі не зустрічаються. Лампа заповнюється газом під тиском у декілька бар. Скляна колба, використовувана для вольфрамової галогенної лампи, зроблена з розплавленого кремнію або кварцу.

Вольфрамова нитка випаровується й тут, але просуваючись до стінки лампи, атом вольфраму поєднується із двома або більше атомами галогену, утворюючи галоїд вольфраму, який не осаджується на стінках лампи. Молекула галоїду вольфраму рухається в потоці усередині газу лампи до тих пір, поки не торкнеться розпеченої нитки, де розпадеться, повертаючи атом вольфрам нитці й звільняючи атоми галогену. Внаслідок цього балон не чорніє, і світловий потік лампи залишиться постійним протягом усього терміну служби. Крім того, колба може бути зроблена настільки малою, наскільки дозволяє розмір нитки, забезпечуючи в такий спосіб краще фокусування

Далі розглянемо деякі розповсюджені типи ламп.

#### ***Стрижнева лампа.***

Скляна колба має трубчасту форму, нитка натягнута між мідними ковпачками, закріпленими по кінцях трубки. Ця лампа знайшла широке застосування для освітлення номера автомобіля й внутрішнього освітлення салону.

***Мініатюрна лампочка із центральним контактом*** (miniature centre contact – MCC) постачена циліндричним байонетним цоколем із двома розташованими з боків напрямними штирями. Лампа фіксується в патроні поворотом на 90 градусів. Діаметр цоколя – приблизно 9 мм. Лампа має єдиний центральний контакт (single central contact – SCC), а другий контакт, що звичайно з'єднується з «землею», утворений металевим цоколем. Випускаються лампи різної потужності в межах 1-5 Вт.

#### ***Безцокольна лампа.***

Колба цих ламп має вигляд циліндра з напівсферичним донцем. Другий кінець трубки сплющений й підтримує дровові виводи, вигнуті в протилежні сторони так, щоб сформувати два контакти. Потужність ламп – до 5 Вт, вони використовуються для

підсвічування приладової панелі, бічних і стоянкових вогнів. Вони дуже популярні через свою низьку ціну.

#### ***Однониткова лампа зі стандартним цоколем.***

Діаметр байонетного цоколя цих ламп – порядку 15 мм. У сферичній або грушоподібній колбі розташована єдина нитка накалювання. Перший контакт у такій лампі – одиночний центральний контакт (SCC), другий контакт утворений металевим цоколем. Потужність лампи – зазвичай 5 або 21 Вт. Мала лампа (5 Вт) використовується для передніх або задніх габаритних вогнів, велика (21 Вт) – для покажчиків поворотів, аварійних сигналів, вогнів заднього хода й задніх протитуманних фар.

#### ***Двониткова лампа зі стандартним цоколем.***

За формою й розміром ця лампа не відрізняється від розглянутої вище, але містить дві нитки. Один кінець кожної нитки зв'язаний зі своїм ізольованим виводом, а два інших кінця приєднані до металевого цоколя, що утворює третій контакт (звичайно з'єднується з «землею»). Штирі на цоколі зміщені таким чином, щоб дві нитки, які мають різну споживану потужність, не могли бути підключені неправильно. Одна нитка використовується для стоп-сигналу, а інша – для заднього габаритного вогню. Вони відповідно мають потужність 21 і 5 Вт (лампа позначається 21/5 Вт).

### **9.3 Зовнішні вогні**

Для зовнішніх вогнів існують регулюючі інструкції. Далі наведена їхня узагальнена й спрощена інтерпретація. Після кожного підзаголовку в дужках наводиться діапазон припустимої світлової інтенсивності.

#### ***Передні габаритні вогні (до 60 кд).***

Транспортний засіб повинний мати два джерела переднього габаритного освітлення кожний з потужністю мінімум 7 Вт. У більшості транспортних засобів габаритні вогні вбудовані в модуль фари.

#### ***Задні габаритні вогні (до 60 кд).***

Як і в попередньому випадку, повинні бути встановлено два вогні, причому кожний з потужністю не менше 5 Вт. Вогні, використовувані в Європі, повинні бути марковані буквою «E» і

давати розсіяне світло. Вони повинні розташовуватися в межах 400 мм від краю транспортного засобу й відстань між ними повинна бути більше 500 мм. Висота вогнів повинна становити від 350 до 1500 мм над рівнем землі.

#### ***Стоп-сигнали (40-100 кд).***

Ці два вогні звичайно поєднуються із задніми вогнями. Вони повинні мати потужність від 15 до 36 Вт кожний, розсіяне світло, і повинні загорятися, коли задіється робоча гальмівна система. Стоп-сигнали повинні бути розташовані симетрично, від 350 до 1500 мм вище рівня землі й на відстані не менше 500 мм один від одного. Тепер дозволяються додаткові стоп-сигнали верхнього розташування. Якщо вони встановлені, то повинні працювати разом з основними гальмовими сигналами. На рис. 9.4 – 9.5 для прикладу показаний ряд освітлювальних приладів транспортних засобів.

#### ***Вогні заднього ходу (300-600 кд).***

Можуть бути встановлені не більше двох ламп сигналів заднього ходу, кожна потужністю максимум 24 Вт. Світло цих ламп не повинне засліплювати. Лампи повинні включатися автоматично від коробки передач або від вимикача, об'єднаного з індикатором попередження. Тепер часто в комбінації зі схемою включення цих вогнів встановлюються попереджуючі звукові сигнали, особливо на великовантажних транспортних засобах.

#### ***Вогні денного освітлення (800 кд максимум).***

Компанія Volvo використовує вогні денного освітлення, оскільки вони фактично потрібні у Швеції й Фінляндії. Ці вогні включаються разом із запалюванням і повинні працювати тільки разом із задніми вогнями. Їхня функція полягає в тому, щоб показувати, що транспортний засіб рухається або збирається почати рух. Вони вимикаються при паркуванні або коли включаються передні фари.

#### ***Задні протитуманні ліхтарі (150-300 кд).***

Можуть бути встановлено один або два ліхтарі. Якщо застосований тільки один ліхтар, то він повинен бути встановлений скраю або по осі транспортного засобу. Задні протитуманні ліхтарі повинні перебувати на висоті від 250 до 1000 мм вище землі й на відстані більше 100 мм від будь-якого стоп-сигналу.



а



б



в

а – Ford Mustang Shelby GT500; б – Jaguar S-Type;  
в – Mercedes-Benz S-Class

Рисунок 9.4 – Освітлювальні прилади  
легкових автомобілів



а



б

а – Ford F-150; б – GMC Yukon

Рисунок 9.5 – Освітлювальні прилади  
автомобілів SUV (Sport Utility Vehicle)

Споживана потужність – звичайно 21 Вт. Вогні повинні бути включені тільки тоді, коли використовуються фари або передні протитуманні фари.

#### **9.4 Лампи передніх габаритних вогнів і протитуманні фари**

Якщо встановлюються передні вогні підсвічування (допоміжні вогні руху), вони повинні розташовуватися на висоті від 500 до 1200 мм вище землі й не менше ніж 400 мм від бічної сторони автомобіля. Якщо їхній промінь не спрямований униз, тоді вони повинні працювати тільки разом з основними фарами.

Передні протитуманні фари встановлюються не вище 500 мм від землі й можуть застосовуватися тільки в тумані або при падаючому снігу. Лампи підсвічування розроблені так, щоб створити довгий пучок світла для освітлення дороги на великій відстані. Протитуманні фари створюють різку лінію світла для освітлення дороги безпосередньо перед автомобілем без відбиття назад або яскравого потоку світла вперед.

#### **9.5 Відбивачі фари**

Світло від джерела, типу нитки лампи, при використанні відповідного відбивача (рефлектора) і лінзи може бути сформоване у промені різного виду. Для передніх фар, як правило, використовуються параболічні, біфокальні або софокусні відбивачі. Щоб направити світло вбік від дороги й униз використовуються лінзи, які служать також захисним склом фари. На рис. 9.6 показано, як лінзи й рефлектори можуть бути використані для завдання напрямку променя світла. Призначення відбивача фари полягає в тому, щоб зібрати світло, випромінюване лампою в усі сторони, у концентрований пучок.

Якщо потрібно одержати певний напрямок і форму променя, важливе положення нитки лампи щодо рефлектора, це показано на рис. 9.6, а. Спочатку джерело світла (нитка лампи) знаходиться у фокусі, тому відбитий промінь буде паралельний основній осі.

Якщо нитка перебуває між фокусом і рефлектором, то відбитий промінь відхилиться – тобто буде розширюватися убік від основної осі. І навпаки, якщо нитка буде поміщена перед фокусом, то відбитий промінь буде сходиться до основної осі.

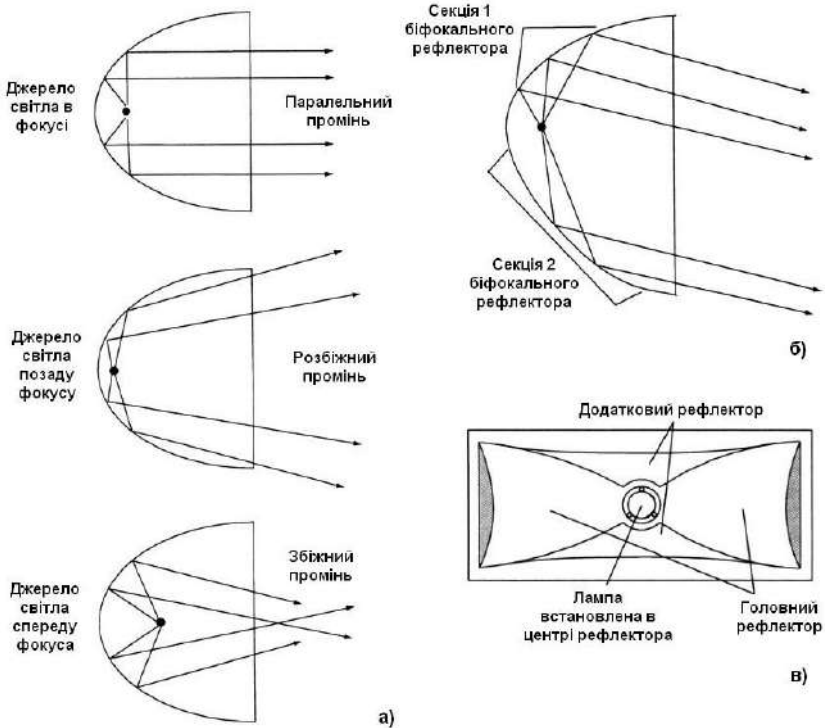


Рисунок 9.6 – Особливості конструкцій лінз та рефлекторів

Відбивач або рефлектор являє собою гладку, поліровану поверхню, наприклад мідну або скляну, на якій обложений шар срібла, хрому або алюмінію. Розглянемо дзеркальний відбивач, який «просідає усередину» – так званий «увігнутий відбивач».

Центральна точка відбивача називається полюсом, і лінія, проведена через полюс перпендикулярно до поверхні, відома як головна оптична вісь.

Якщо джерело світла переміщати по цій лінії, то буде знайдена така точка, де вихідне світло створює відбитий промінь, паралельний основній осі. Ця точка називається фокусом. Відстань від фокуса до полюса називається фокусною відстанню.

**Параболічний відбивач.** Парабола – це крива, схожа за

формою ні траєкторію каменю, кинутого під кутом до обрїю. Якщо джерело світла поміщене у фокус параболічного відбивача (рис. 9.6, а), пучок вихідних променів з відбивача буде паралельний оптичній осі; кожний промінь від джерела буде відбиватися паралельно осі незалежно від того, в якому місці промінь попадає на поверхню відбивача.

Отже, такий відбивач створює яскравий паралельний відбитий пучок світла постійної інтенсивності. За допомогою параболічного відбивача більша частина світлового потоку лампочки відбивається уздовж основної осі, і тільки мала частина прямих променів розсіюється як випадкове світло.

Інтенсивність відбитого світла максимальна близько осі променя й знижується при наближенні до зовнішнього краю променя. На рис. 9.7 у загальному виді показано устрій відбивача й лампочки, у якій нитка ближнього світла обладнана екраном. Це дає гарну форму променя ближнього світла й використовується, головним чином, з асиметричними фарами.

**Біфокальний відбивач** (рис. 9.6, б), як і припускає його назва, має дві секції відбиття з різною фокусною відстанню. Це допомагає використовувати більше світла, що падає на нижню частину відбивача. Параболічна секція в нижній частині має таку конфігурацію, щоб відбивати світло униз, чим поліпшує освітлення близької зони безпосередньо перед транспортним засобом.

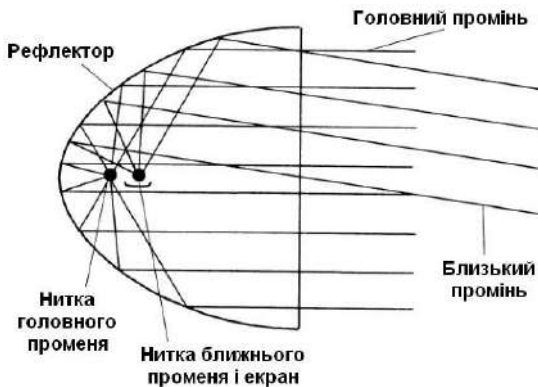


Рисунок 9.7 – Формування ближнього світла лампою зі здвоєною ниткою

Цей спосіб не підходить для ламп із двома нитками, тому він використовується тільки на транспортних засобах із системою чотирьох фар. За допомогою потужних програм автоматизованого проектування можуть бути створені відбивачі зі змінюваним фокусом з непараболічних секцій, що згладить переходи між кожною областю.

**Софокусний відбивач** (рис. 9.6, в) складений з безлічі секцій, фокуси яких збігаються. Ця конструкція дозволяє одержати більш коротку фокусну відстань  $i$ , отже, модуль в цілому буде мати менші розміри по глибині. Ефективний світловий потік також збільшується.

Для одержання далекого й близького світла в модулі застосовується лампа із двома нитками. Світло від головної секції відбивача забезпечує освітлення на великій дальності, а допоміжні відбивачі поліпшують освітлення близької й бічної областей.

## 9.6 Поліеліпсоїдальна система фари

Вперше еліпсоїдальна система (poly-ellipsoidal system – PES), показана на рис. 9.9, була запропонована компанією Bosch у 1983 р. Вона дозволяє одержати промінь світла настільки ж хороший, а в деяких випадках навіть кращий, ніж у звичайної фари, але зі світловідбиваючої площі менше 30 см<sup>3</sup>.

Це було досягнуто при використанні відбивача й прожекторної оптики, розробленої за допомогою програми автоматизованого проектування (CAD). Захисний екран забезпечує необхідну конфігурацію променя. Можна одержати промінь із чітко визначеною лінією зрізу, або навпаки з навмисним недоліком різкості.

Система PES-Plus, яка призначена для великих автомобілів, ще більшою мірою поліпшує освітлення в близькій зоні. Ці джерела світла використовують лампи тільки з єдиною ниткою й входять у систему із чотирма фарами.

### Лінзи фари.

Гарна фара повинна створювати потужний центральний промінь, що далеко поширюється, навколо якого світло розподілене по горизонталі й вертикалі так, щоб висвітлювати як можна більшу область поверхні дороги.

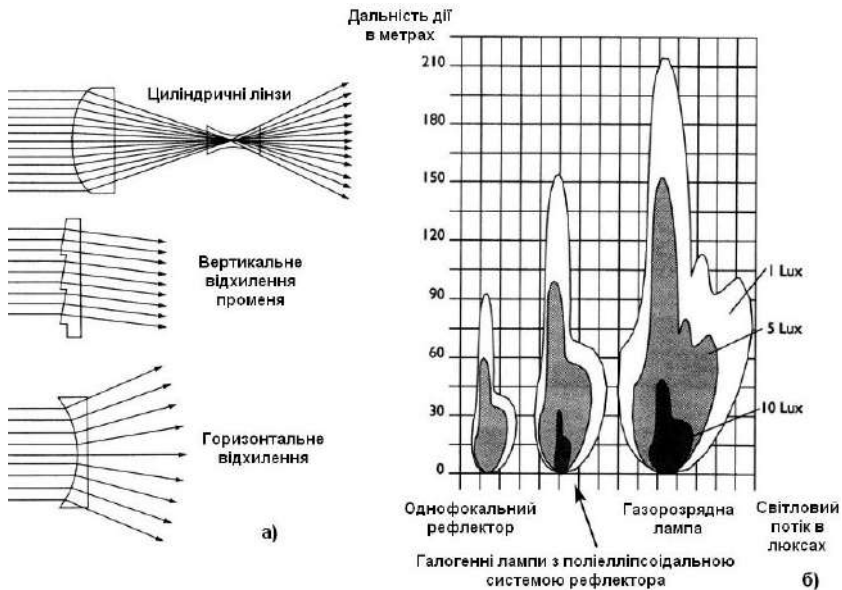


Рисунок 9.8 – Характеристики світла фар, одержувані при правильно підібраній конструкції лінз та рефлекторів

Формування променя може бути значно поліпшене при пропущенні відбитих променів світла через блок прозорих лінз. Лінза служить для перерозподілу відбитого променя світла й будь-яких випадкових променів так, щоб при мінімумі яскравості було досягнуто найбільш повне освітлення дороги.

Блок призматичних лінз показаний на рис. 9.8, а. Лінзи діють за принципом переломлення світла – тобто зміни напрямку променів світла, при проходженні «в» або «з» прозорого середовища, такого як скло або пластмаса.

Передня кришка й скляна лінза фари ділиться на велику кількість маленьких прямокутних зон, причому кожна зона формується оптично у вигляді ввігнутої борізки або комбінації борізок і призм.

Форма цих зон така, що коли майже паралельний промінь проходить через скло, кожний індивідуальний елемент лінзи перенаправляє промені світла, створюючи в підсумку поліпшені характеристики спрямованості або структури променя.

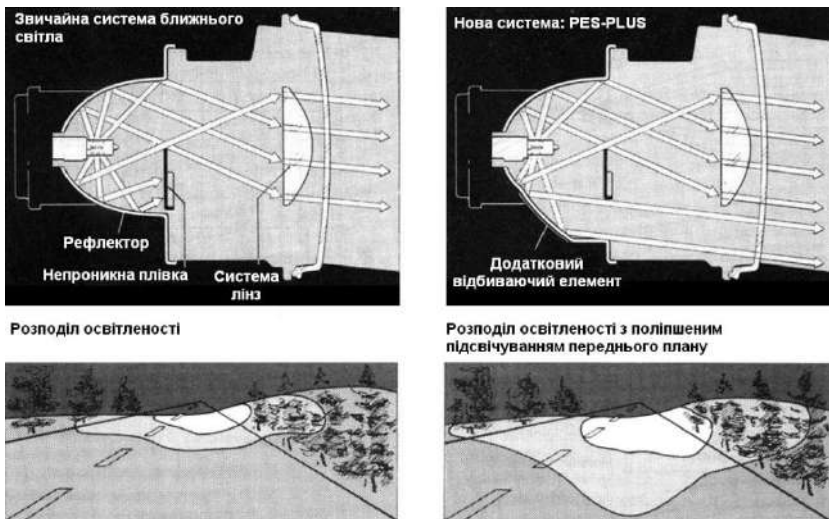


Рисунок 9.9 – Покращений промінь ближнього світла поліелліпсоїдальної фари

Боріздки керують горизонтальним поширенням світла. У той самий час призми різко відхиляють промені вниз, щоб створити локальне освітлення дороги розсіяним світлом безпосередньо перед транспортним засобом. Дія лінз показана на рис. 9.8, а. Багато фар тепер виготовляються із гладкими стеклами; це означає, що спрямованість усього світлового потоку формується тільки відбивачем (рис. 9.6).

## 9.7 Корекція фар

Принцип корекції фар дуже простий – положення фари повинне мінятися залежно від завантаження автомобіля. На рис. 9.10 показаний простий ручний пристрій, яким управляє водій.

Автоматичною системою вирівнюючи фар можна управляти, використовуючи сигнали від датчиків, поміщених на підвіску транспортного засобу (рис. 9.11).

Це дозволяє одержати автоматичну компенсацію при будь-якому розподілі вантажу на транспортному засобі. На рис. 9.11 показана схема розташування датчиків цієї системи. Приводи, які переміщують вогні, можуть бути виконані в різних варіантах: від

гідравлічних пристроїв до крокових двигунів. Приклад практичного регулювання положення фари представлений на рис. 9.12. Регулювання виконується переміщенням двох гвинтів, розташованих на фарі так, що один змушує світло переміщуватися нагору й вниз, а іншого викличе рух зі сторони убік.

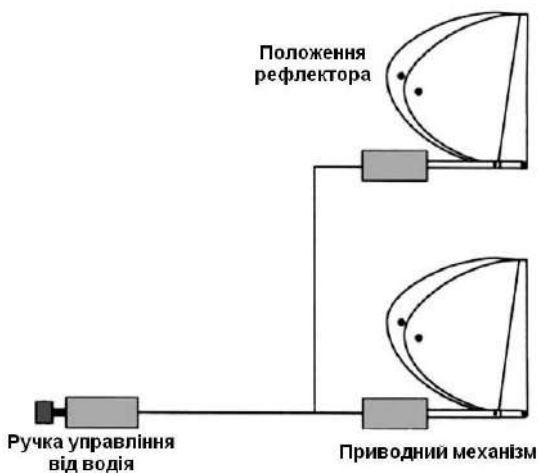


Рисунок 9.10 – Ручний коректор фар

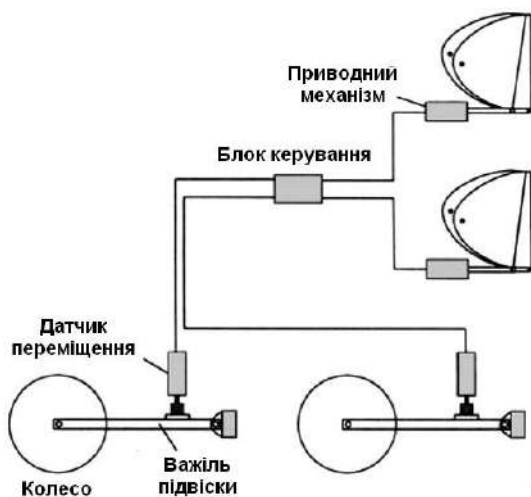


Рисунок 9.11 – Автоматична корекція фар



Рисунок 9.12 – Принцип регулювання напрямку світла фари

## 9.8 Регулювання променя фари

Існує багато типів устаткування для установки променя, і більшість із них працює за принципом, представленому на рис. 9.13. Метод схожий на метод, який використовує панель націлювання променя, але зручніше й точніше завдяки полегшенню процесу й меншому необхідному обсягу приміщення.

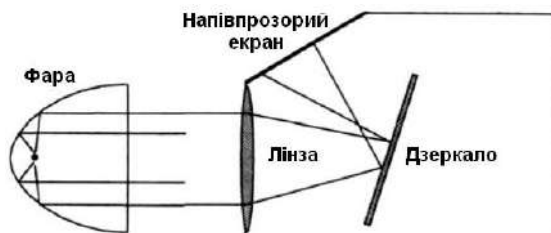


Рисунок 9.13 – Принцип автоматичної установки променя

Щоб установити фари автомобіля, використовуючи панель націлювання променя, потрібно виконати наступну процедуру.

1. Установити автомобіль на рівні землі напроти прямокутної вертикальної панелі, бажано на відстані 10 м. Автомобіль повинен бути без вантажу й пасажирів (за винятком водія).

2. Розмістити панель націлювання променя так, як показано на рис. 9.14

3. Качнути підвіску, щоб гарантувати більш точну установку рівня.

4. У режимі ближнього світла відрегулювати лінію краю променя по горизонтальній позначці так, щоб він був нижче висоти центру фари на 10 см (або відповідно до рекомендації виробника). Якщо відстань менше 10 м, то на кожен метр скорочення дистанції можна зменшити цю висоту на 1 см. Кожен промінь світла регулюється по черзі.

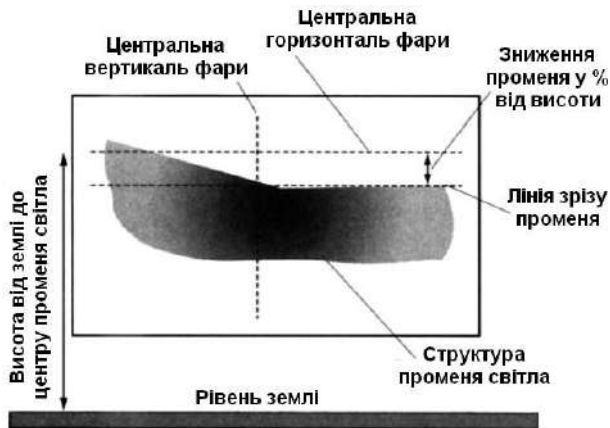


Рисунок 9.14 – Панель націлювання променя фари

## 9.9 Схеми освітлення

### *Основна схема освітлення.*

На рис 9.15 показана проста схема освітлення. Схема допомагає зрозуміти, як працює система освітлення, але в такій простій формі вона тепер не використовується. Наприклад, протитуманні фари включені таким чином, щоб працювати тільки при включенні габаритних вогнів або ближнього світла фар. Інший приклад, фарам не дозволяється працювати без включених задалегідь габаритних вогнів.

### *Схема ближнього світла.*

Фари з ослабленням променя світла – спроба запобігти використанню водіями тільки габаритних вогнів в умовах сутінків або поганої видимості. Згідно із цією схемою при включенні габаритних вогнів, при включеному запалюванні, фари автоматично включаються приблизно на одну шосту від нормальної потужності.

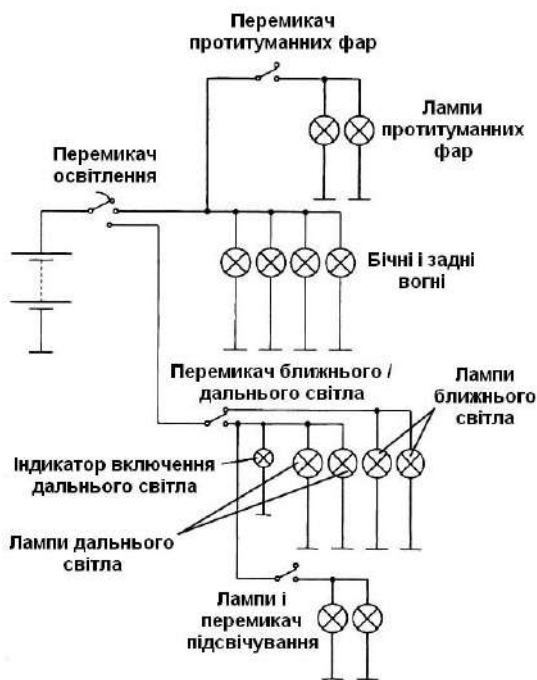


Рисунок 9.15 – Спрощена схема освітлення

Якщо виникає який-небудь сумнів щодо видимості або умов освітленості, вклучіть фари на ближнє світло. Якщо автомобіль у справному стані, це світло не буде розряджати батарею.

Вогні ближнього світла забезпечуються одним із двох способів. У першому використовується простий резистор, з'єднаний послідовно з лампою фари; у другому використовується модуль «переривання», який швидко підключає й відключає живлення від фар (широотно-імпульсне регулювання). В будь-якому випадку, коли водій вибирає нормальне світло фар, регулятор освітленості не використовується.

На рис. 9.16 представлена спрощена схема вогнів ближнього світла, що використовує послідовно вклучений резистор. Це найдешевший метод, але виникає проблема, що полягає в тому, що резистор (опір близько 1 Ом) сильно нагрівається й, отже, повинен бути поміщений у відповідному місці.

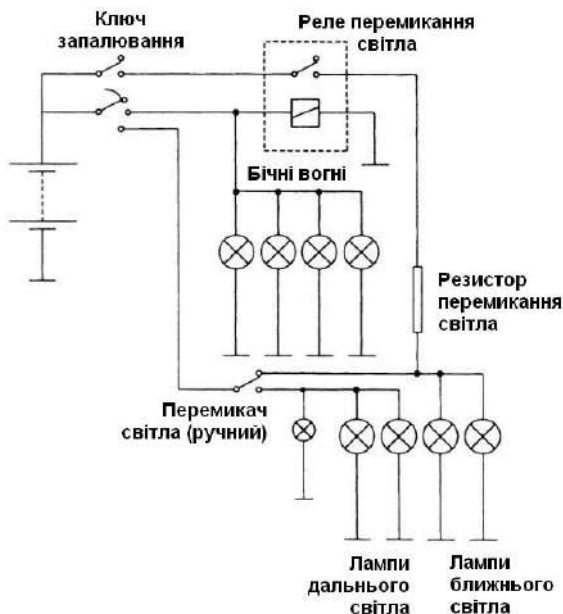


Рисунок 9.16 – Спрощена схема ближнього світла з послідовним резистором

## 9.10 Газорозрядні і світлодіодні фари

Зараз на транспортні встановлюються фари з газорозрядними лампами (gas discharge headlamps – GDL). Вони дозволяють забезпечити більш ефективне освітлення й надають нові можливості для конструктивного оформлення передньої частини автомобіля.

Конфлікт між аеродинамічним моделюванням і підходящим положенням ламп освітлення – компроміс між економією й безпекою – вкрай небажаний. Такі фари вносять істотний вклад у поліпшення цієї ситуації, тому що вони можуть бути відносно малими по своїх розмірах. Система GDL складається із трьох основних компонентів.

**Лампа.** Вона працює не так, як звичайні лампи. Для неї необхідна набагато більш висока напруга. На рис. 9.17 показаний принцип дії газорозрядної лампи.

**Баластова система.** Система містить блок запалювання та

керування й перетворює електричну напругу джерела живлення системи в робочу напругу, необхідну газорозрядній лампі.

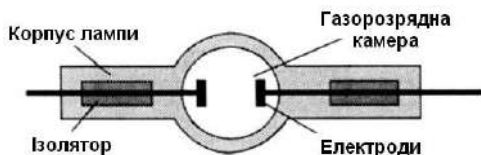


Рисунок 9.17 – Принцип дії газорозрядної лампи

Блок управляє стадією запалення й початком роботи лампи, здійснює її регулювання протягом циклу безперервної роботи й нарешті, контролює роботу лампи з погляду безпеки. На рис. 9.18 показана схема лампи й пов'язані з нею компоненти.

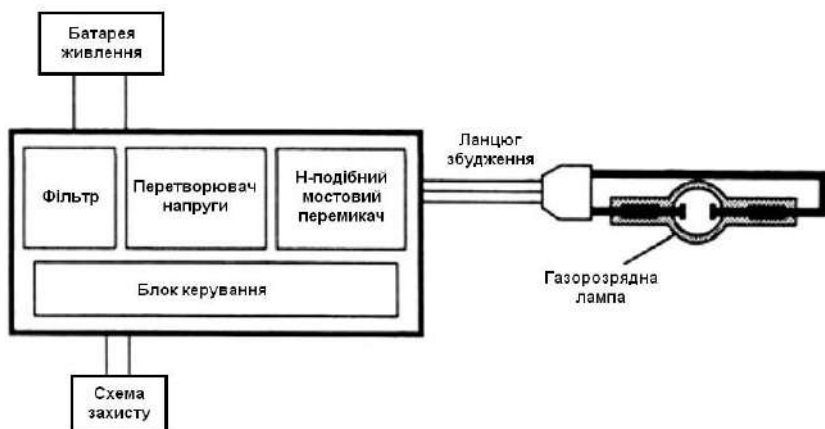


Рисунок 9.18 – Баластова система для керування газорозрядною лампою

**Фара.** Конструкція фари в цілому подібна до звичайних модулів. Однак щоб задовольнити обмеженням у відношенні засліплення інших учасників руху, у цьому випадку необхідно витримувати більшу точність параметрів, що тягне додаткові витрати виробництва.

Джерелом світла в газорозрядній лампі є електрична дуга. Поперечник колби газорозрядної лампи всього 10 мм. Колба

виготовлена із кварцового скла, у ній розташовано два електроди, проміжок між якими становить 4 мм. Відстань між кінцем електрода й опорною поверхнею лампи становить 25 мм це відповідає розмірам стандартної галогенної лампи.

При кімнатній температурі лампа містить суміш ртуті, солей різних металів і ксенону під тиском. Коли лампа включається, ксенон відразу починає світитися й випаровує ртуть і металеві солі. Висока світлова ефективність виникає за рахунок суміші парів металів. Ртуть робить більшу частину світла, а металеві солі визначають колірний спектр. На рис. 9.19 показаний спектр випромінювання, створюваного газорозрядною лампою в порівнянні зі спектром галогенної лампи.

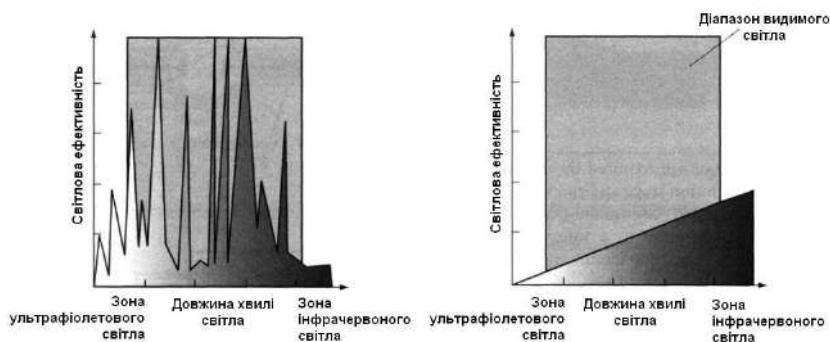


Рисунок 9.19 – Спектр випромінювання газорозрядної лампи (зліва) в порівнянні зі спектром галогенної лампи

Високий рівень ультрафіолетового випромінювання від газорозрядної лампи означає, що з міркувань безпеки потрібно використовувати спеціальні фільтри. На рис. 9.20 показана світність газорозрядної лампи в порівнянні з галогенною. Віддача газорозрядної лампи приблизно в три рази більше.

Щоб запалити газорозрядну лампу необхідно послідовно пройти наступні чотири стадії.

1. Запалення – високий імпульс напруги створює іскру між електродами, що викликає іонізацію проміжку, створюється трубчаста доріжка розряду.

2. Миттєве світіння – струм, що тече по доріжці розряду,

збуджує ксенон, який далі випромінює світло в кількості 20 % від максимального значення лампи.

3. Розгін – лампа тепер працює при зростаючій потужності, температура швидко підвищується, ртуть і металеві солі випаровуються. Тиск у лампі збільшується в міру збільшення світлового потоку, і відбувається зміщення спектра від синього кольору до білого.

4. Безперервний режим – тепер лампа працює при стабілізованій потужності близько 35 Вт. Такий режим гарантує, що підтримується горіння дуги й світловий вихідний потік не мерехтить. До цього моменту досягається світловий потік порядку 28 000 лм і колірна температура 4500 °К.

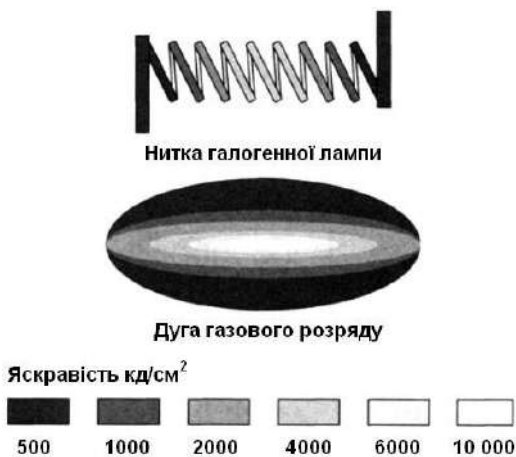


Рисунок 9.20 – Світність газорозрядної лампи в порівнянні з галогенною

Щоб керувати описаними вище стадіями роботи лампи, потрібна баластова система. Для створення дуги необхідна висока напруга, яка може досягати 20 кВ. Протягом розгону баластова система обмежує струм, а потім обмежує також і напругу. Контроль споживаної потужності дозволяє світловому потоку рости дуже швидко, але охороняє від перевищення заданого рівня, яке зменшило б термін служби лампи. Баластова система також містить у собі схеми придушення

радіовипромінювання й схеми забезпечення безпеки.

Повний модуль фари може бути сконструйований різними способами, оскільки газорозрядна лампа робить в 2,5 рази більший світловий потік при температурі, удвічі меншій, ніж у звичайних галогенних ламп. Це надає більші можливості в моделюванні фари й, отже, у дизайні передньої частини автомобіля.

Якщо система GDL використовується як промінь близького світла, потрібні модулі фар з автоматичним вирівнюванням потоку світла через високі інтенсивностей світіння. Однак використання її для дальнього світла може створювати проблему внаслідок природи процесу включення й вимикання лампи.

Підходящим рішенням може бути система GDL з безперервним променем близького світла, постачена додатково звичайними фарами дальнього світла (система із чотирма фарами). На рис. 9.8, б показаний розподіл світла DI і HI ламп, використовуваних у фарах.

### **9.11 Ультрафіолетові фари**

GDL може використовуватися для створення ультрафіолетових (УФ) вогнів. Тому що УФ випромінювання невидиме, воно не буде засліплювати транспорт, що рухається назустріч, але висвітить флуоресціюючі об'єкти, нанесені спеціальною фарбою на дорозі або одязі.

Вони палають у темряві, дуже нагадуючи білі сорочки під вогнями дискотеки. УФ світло також проникає через туман та дим, оскільки світло, відбите водними крапельками, невидиме. Воно проходить навіть через кілька сантиметрів снігу.

Автомобілі з УФ вогнями використовують систему із чотирма фарами. Вона складається із двох звичайних галогенних ламп із перемиканням дальнього/ближнього світла й двох УФ вогнів. УФ вогні включаються одночасно із близьким світлом, ефективно подвоюючи діапазон освітленого простору, але не засліплюючи інших водіїв.

Щоб затримати видиму частину спектра, використовуються двокаскадні сині світлофільтри. Необхідний точний контроль світла фільтра, щоб гарантувати фільтрацію ділянок UVB і (UVC ультрафіолетового спектра, оскільки вони можуть викликати

ушкодження очей і рак шкіри. Фільтрація залишає тільки частину спектра UVA, яка лежить поза видимого спектру й використовується, наприклад, у лампах засмаги.

Однак все ще існує деяка небезпека, наприклад, дитина може захотіти заглянути із близької відстані в слабкий синій промінь вогнів. Щоб запобігти такій ситуації, вогням діють лише тоді, коли транспортний засіб рухається. УФ вогні – дуже багатообіцяючий внесок у дорожню безпеку.

### **9.12 Освітлення за допомогою світловипромінюючих діодів**

Комерційні індикатори на основі світловипромінюючих діодів (light emitting diode – LED) були вперше вироблені у 1968 р. Майже відразу ж з'явилися пропозиції щодо можливих застосувань діодів в автомобілі. LED, звичайно ж, знайшли застосування у внутрішньому оформленні транспортного засобу, особливо в індикаторах приладової панелі. Однак донедавна регулюючі інструкції фактично забороняли використання світлодіодів для зовнішнього освітлення.

Невелика зміна в законодавчій мові – перехід від «світловипромінюючої лампи» до «джерела світла» – нарешті дозволило використовувати інші пристрої освітлення, крім нитяних ламп. На рис. 9.21 показані модулі світла, що містять світлодіоди.

Переваги світлодіодного освітлення очевидні, найбільше з них – надійність. Світлодіоди мають типовий наробіток на відмову більш 50 000 годин у порівнянні тільки з декількома тисячами для звичайних ламп. Навколишнє середовище, у якому повинні функціонувати вогні транспортного засобу, як мінімум, вороже до них. Лампи повинні витримувати екстремальні зміни температури й вологості, так само як і серйозні удари й вібрації.

Світлодіоди більш дороги, ніж лампи, але потенційна економія, обумовлена герметичністю використовуваних модулів і більшою свободою у виборі конструкцій ліхтарів, могла б переважити додаткові витрати. Ще одна перевага світлодіодів полягає в тому, що вони включаються більш швидко, ніж звичайні лампи: приблизно 130 мс для світлодіодів, і 200 мс для ламп. Цей час перемикання дуже важливий.



Рисунок 9.21 – Модулі світла  
на основі світлодіодів

Наприклад, якщо мова йде про включення сигналу гальмування транспортного засобу на високій швидкості, то збільшений час реакції відповідає затримці зупинки приблизно на довжину автомобіля. Ця перевага – потенційний серйозний внесок у дорожню безпеку.

Більшість основних виготовлювачів автотехніки ведуть дослідження з використання світлодіодного освітлення. Багато часу витрачається на розгляд пропозицій використовувати світлодіоди в якості стоп-сигналів верхнього розташування.

Стійкість світлодіодів до ударів дозволить встановлювати їх на кришці багажника. В автомобілях з відкидним верхом, які не мають заднього скла, це застосування просто ідеально. Багато виготовлювачів зараз конструюють задні спойлери із вбудованими вогнями; це перспективний напрямок з погляду забезпечення безпеки.

Габаритні вогні важких транспортних засобів – от область

використання, де світлодіоди виявилися дуже популярними. Багато виготовлювачів освітлення вже роблять такі вогні для післяпродажної установки. Можливість використовувати герметичні модулі сильно збільшує тривалість життя світлодіодних вузлів. Повторювачі покажчиків поворотів як раз підходяще місце для них внаслідок тяжких умов експлуатації.

### **9.13 Ксенонове освітлення – компанії Hella**

Ризик ушкодити автомобіль або розбитися в транспортній події набагато вище вночі, ніж вдень, незважаючи на менш інтенсивний рух. І хоча тільки 33 % нещасних випадків відбуваються в сутінках або в темряві, число людей, що одержали серйозні ушкодження, збільшується вночі на 50 %, а число випадків зі смертельним результатом – на 136 % у порівнянні з тими випадками, які відбуваються в денний час.

Поряд з такими факторами, як самозасліплення, викликане вологою дорожньою поверхнею, більш висока швидкість через меншу щільність транспорту й скорочення приблизно на 25 % відстані, підтримуваної до автомобіля, що йде попереду, дуже важливу роль відіграють причини, що відносяться до фізіології людських очей.

Очі старіють швидше, чим будь-який інший орган почуттів. Можливості людського ока починають помітно погіршуватися з настільки раннього віку, як 30 років! Наслідки цього – скорочення гостроти зору й контрастної чутливості, коли світло починає бліднути, – дуже рідко помічаються автомобілістами, оскільки ці функціональні недоліки розвиваються повільно.

Однак зір – навіть людини зі здоровими очима – значно погіршується вночі. Пов'язані із цим фактори ризику – уповільнена адаптація до змін між світлим і темним, ослаблений колірний зір і повільний перехід від особливостей освітлення дня до ночі, які, враховуючи ефект звикання, можуть вселити водію неправильне почуття безпеки.

Компанія Hella – протягом останніх 100 років є лідером у розробці й виробництві інноваційних фар і ламп систем освітлення – постійно поліпшує ксенонові технології, які єдині пропонують джерела більш яскраві, ніж звичайні вольфрамові лампи, і з якістю денного світла.

Однак однієї гарної ксенонової фари недостатньо, щоб перевести додаткову кількість і якість світла в підвищену безпеку. Наприклад, для того, щоб уникнути небезпеки осліплення зустрічним транспортом, комплект додаткового устаткування повинен включати устаткування для очищення фари й автоматичні коректори променя. Тільки вся система в цілому в стані забезпечити явну перевагу по безпеці для всіх учасників руху навіть при самих несприятливих погодних умовах. Це означає, що навіть при дощі, тумані й снігу поліпшується об'ємний зір, а здатність автомобіліста орієнтуватися обмежуються в меншому ступені.

Згідно з опитуваннями, вже сьогодні 94 % користувачів ксенонових фар переконані в їхніх перевагах. Те, що видимість вночі поліпшується, заявляють 85 % користувачів, а для людей за п'ятдесят ця цифра виростає до 90 %. Видимість при дощі, по оцінкам, стає на 80 % краще, у той час як 75 % учасників цих опитувань відзначили збільшення безпеки для велосипедистів і пішоходів, як наслідок більш широкого променя при освітленні дороги. Той же самий відсоток стверджує, що завдяки ксеноновому світлу стали більш помітні перешкоди на дорозі.

Щоб підвищення активної безпеки стало доступним для як можна більшого числа користувачів дороги, автомобільна промисловість все більше концентрується на застосуванні ксенонових фар як стандартного устаткування або як додаткової опції. Щорічне споживання ксенонових фар у Європі, по оцінкам, зросло до більше чотирьох мільйонів штук у 2010 р. Отже на даний час вже більше 800 000 автомобілів вже обладнані ксеноновими фарами.

**Ксенонова лампа** – це газорозрядна лампа, заповнена сумішшю інертних газів, включаючи ксенон. Лампа не має ніякої нитки, як у випадку з галогенною лампою, а область світіння створюється між двома електродами. Аналогічно з іншими газорозрядними лампами, ксенонова лампа забезпечується електронним стартером для швидкого запалювання й для правильного функціонування потребує системи електронного баласту.

Ксенонова лампа забезпечує більш ніж у два рази більшу кількість світла, ніж галогенна лампа, споживаючи при цьому –

тільки половину її потужності. Тому не тільки водій може бачити дорогу більш чітко, але й в автомобіля залишається більше потужності для інших пристроїв. Крім того, це сприятливо для навколишнього середовища, оскільки менша потужність означає менші витрати палива. Ясне біле світло, створюване ксеновою лампою, схоже на денне.

Дослідження показало, що воно дозволяє водіям краще концентруватися на дорожній обстановці. Більше того, специфічний спектр цього світла забезпечує краще відбиття променя від дорожньої розмітки й знаків, ніж спектр звичайного освітлення. Лампа на основі ксенону також вносить помітний вклад у дорожню безпеку у випадку обмеженої внаслідок погодних умов видимості. При цьому термін служби лампи практично дорівнює строку служби автомобіля, тобто лампа повинна замінятися тільки у виняткових випадках.

Світло, створюване ксеновою лампою, реально не синє, а біле, і прекрасно узгоджується з обмеженнями міжнародних специфікацій для білого світла – світло тільки видається синім у порівнянні з більш теплим «жовтуватим» світлом галогенної лампи. Однак воно видається точно білим у порівнянні з денним світлом. Технічно можливо змінити відтінок виробленого світла, але це привело б до істотної втрати інтенсивності, що знівельовало б специфічні переваги ксенового світла.

Міжнародні інструкції для автомобілів по розподілу світлового променя й його інтенсивності дуже суворі. Світло ксенону добре укладається в обмеження обох умов. Крім того, ксенонове освітлення не так подразнює, як звичайне. Тому що в даного освітлення межі переходу «світло – темрява» більш контрастні, менше світла відбивається в очі зустрічних водіїв. Збільшена (у два рази) кількість виробленого світла використовується, головним чином, щоб досягти більш високої інтенсивності й кращого розподілу світла па дорозі. Крім того, з краю дорога висвітлюються краще.

У міжнародних інструкціях відносно використання світла ксенону існують три умови: фари повинні бути встановлені в лінійку; транспортний засіб повинний бути оснащений автоматичною системою корекції фар, щоб при збільшенні навантаження промені фар автоматично регулювалися; фара

повинна бути оснащена автоматичною системою очищення, оскільки бруд на лінзах діє як розсіювач – промені світла відхиляються від заданої форми.

Ці три умови разом з винятковим терміном служби ксенонової лампи помітно зменшують ризик неправильної установки фар. Використання галогенних ламп тягне за собою набагато більш високий ризик. Іноді здається, що світло ксенону дратує зустрічних водіїв.

При нормальних обставинах водії дивляться прямо вперед, однак через помітний колір ксенонових ламп водії схильні направляти погляд на фари. Те ж саме явище було встановлено дослідним шляхом під час введення галогенних фар у 1960-х. У ті дні люди теж говорили «що це за дратівне біле світло». А отже введення ксенонових фар приведе до деякого періоду; протягом якого водії будуть звикати до нових фар. На рис. 9.22 показані ксенонові лампи компанії Hella.



Рисунок 9.22 – Ксенонові джерела світла компанії Hella

**Синє світло.** Біле світло джерел BlueVision («Синє Світло») компанії Philips стимулює концентрацію уваги водія, робить нічну їзду менш стомлюючої й набагато краще відбивається від дорожньої розмітки й знаків. Нові лампи фар та бічних вогнів відповідають усім вимогам європейського законодавства по

безпеці руху. Лампи безпосередньо взаємозамінні з існуючими лампами. Із впровадженням джерел BlueVision система автомобільного освітлення компанії Philips вказує шлях вперед, до майбутнього вдосконалювання передніх ламп автомобіля. Майбутнє приходить як... біле світло BlueVision по тій простій причині, що лампи BlueVision відтворюють денне світло... у нічних умовах!

Завдяки фільтрації УФ-діапазону кварцовим світлофільтром за технологією, розробленою компанією Philips для галогенних ламп. BlueVision може благополучно використовуватися для всіх фар. Однак нагадаємо ще раз, що галогенні лампи не порівнянні із ксеноновими газорозрядними лампами, які зараз встановлюються як оригінальне устаткування на все більшій кількості автомобілів у всьому світі.

#### **9.14 Нові технології сигналізації й освітлення**

Компанія Valeo Lighting Systems розробила нові технології сигнального освітлення, щоб внести більше різноманітності й новацій у концепції сигнальних ламп, які відіграють ключову роль у формуванні стилю автомобіля.

*Сигнальні лампи зі структурою дорогоцінного каменю* базуються на технологічно складній формі, широко використовуваної у фарах. Структурою променя тут повністю керує не лінза, а тільки відбивач, який у деяких випадках може бути суміщений із проміжним фільтром. Звичайна лінзова оптика використовує мінімізовані по розміру призми, що створює враження більшої глибини і яскравості.

*Монохромні сигнальні лампи.* За допомогою цієї технології, на додаток до традиційних «червоних функцій» (стоп-сигнал, задні вогні та протитуманні вогні), вогні заднього ходу й повороту видаються червоними, поки не використовуються за своїм основним призначенням, а при роботі випускають відповідно біле й жовте світло.

Це можливо завдяки декільком технологіям. У випадку ламп із додатковим синтезом кольору перед джерелом світла містяться кольорові екрани. Їхні кольори підбрані так, щоб у з'єднанні із червоною зовнішньою лінзою вони офарблювали світло що випускається лампою, відповідно до інструкцій: білий – для

заднього ходу, жовтий – для сигналу повороту.

Технологія додаткового кольору використовує зовнішню лінзу із двома кольорами, яка поєднує червоний колір (домінанту) і його колір, що доповнює (жовтий для сигналу повороту, синій для заднього ходу). Комбінація цих двох кольорів, червоного й жовтого для сигналу повороту, червоного й синього для заднього ходу – створює колір сигналу (бурштиновий або білий), передбачений інструкціями.

**Лінійні лампи** задніх вогнів можуть легко бути погоджені з конструкцією автомобіля, якщо використовуються дуже подовжені лампи. Кожний функціональний світловий прилад є вузьким (35 мм) і може мати довжину до 400 мм. Ці лампи використовують оптичні проміжні екрани, які виконані настільки точно, що вони не тільки відповідають нормативним фотометричним вимогам, а й також створюють дуже гармонічний вид автомобіля в цілому й забезпечують відмінний поділ між функціональними вогнями. Ця нова технологія особливо добре підходить для оформлення задньої частини мікроавтобусів і легких вантажівок.

**Нові джерела світла для сигнальних ламп.** LED (світловипромінюючі діоди) і неонові комбіновані лампи – це унікальний спосіб об'єднати стиль і безпеку. Насамперед, це інноваційний стиль: завдяки своїй компактності світлодіоди й неонові джерела світла збільшують гнучкість рішень при конструюванні автомобіля, особливо для підсвічування обводів автомобіля й освітлення бампера. Їхній однорідний або пунктирний зовнішній вигляд підкреслює відмінності й високу технологічність цих сигнальних ламп. Крім того, підвищується безпека: час реакції нових джерел приблизно на 0,2 с менше, ніж у ламп накаливання, що забезпечує додатковий час для гальмування, що дає вигоду у 5 м для транспортного засобу, що їде зі швидкістю більше 120 км/год.

#### ***Центральний стоп-сигнал верхнього розташування.***

Світлодіодні стоп-сигнали верхнього розташування (centre high mounted stop lamps – CHMSLs) запалюються на 0,2 с швидше звичайних ламп накаливання, поліпшуючи час реакції водія й забезпечуючи додатковий гальмовий шлях 5 м на швидкості 120 км/год. Внаслідок малих габаритів світлодіодні стоп-сигнали

можуть бути легко узгоджені з усіма конструкціями транспортного засобу незалежно від того, чи встановлені вони всередині або інтегровані в зовнішню частину корпусу або спойлер. Строк їхньої служби більше 20 000 годин, що набагато перевищує сумарний час горіння стоп-сигналів за весь період експлуатації автомобіля. У кожного нового покоління світлодіодів збільшуються фотометричні показники якості, що дозволяє скоротити їхнє число, необхідне для виконання функції стоп-сигналу. Це число в деяких конфігураціях вже зменшилося з 16 до 12 і повинне зменшитися ще більшою мірою в наступні кілька років.

**Неонова технологія.** Як і у випадку світлодіодів, неонові, лампи мають майже миттєвий час реакції (збільшена безпека), компактні (гнучкість конструювання) і працюють більш 2000 годин, що перевищує сумарний час горіння стоп-сигналів за весь період експлуатації автомобіля. Крім того, неонові стоп-сигнали верхнього розташування дуже однорідні по зовнішньому вигляду й забезпечують неперевершену бічну видимість.

### **9.15 Електричні коректори фар**

Основне завдання коректора фар – регулювати положення променя ближнього світла відповідно до навантаження автомобіля й, таким чином, уникати осліплення зустрічного транспорту. Електричні коректори з ручним керуванням пов'язані з ручкою на приладовій панелі, що дозволяє водієві регулювати висоту променя.

На додаток до існуючого набору електроприводів корекції фар із ручним керуванням, компанія Valeo тепер пропонує ряд автоматичних приводів. Як має на увазі їхня назва, ці вироби не вимагають регулювання з боку водія. Існує два різновиди приводів:

- автоматичні статичні приводи приводять висоту променя до оптимального положення відповідно до умов навантаження транспортного засобу. Система включає два датчики (попереду й позаду), які вимірюють осідання автомобіля. Електронний модуль перетворює дані датчиків і керує двома додатковими електричними механізмами (або приводами), розташованими за

- фарами, які механічно з'єднані з відбивачами. Висота променя регулюється кожні 10-30 с;
- автоматичні динамічні регулятори мають два датчики, електронний модуль і два приводи. Датчики – ті ж самі, як у й статичній системі, але електронний модуль більш складний у тому плані, що включає електроніку, яка управляє швидкою реакцією крокових моторів привода. Час відгуку на зміни в осаді транспортного засобу через прискорення або затримку вимірюється в десятих часток секунди. Корекція здійснюється безупинно й створює підвищений комфорт руху, оскільки положення променя оптимізоване в будь-який момент. Відповідно до інструкцій безпеки автоматичні динамічні приводи вирівнювання обов'язкові до застосування на всіх транспортних засобах, обладнаних газорозрядними системами освітлення високої інтенсивності (high intensity discharge – HID).

### **9.16 Концепція бароптичного стилю**

Починаючи з 2000 р. бароптична концепція забезпечує гнучкість стильового оформлення передньої частини транспортних засобів при одночасній аеродинамічній оптимізації корпусу автомобіля. Обсяг бароптичної системи освітлення значно зменшений у порівнянні з технологією складних форм.

Скорочення обсягу дозволяє поліпшити організацію компонування «під капотом». У результаті забезпечуються додаткові можливості в частині обсягу й форми корпусу. Зовнішній вигляд футуристичних подовжених бароптичних фар, неважливо, включені вони чи ні, стоїть окремо від звичайних фар овальної або круглої форми.

Бароптика використовує нову оптичну концепцію. Традиційно світловий потік, що випускається джерелом, відбивається поверхнею відбивача (параболічної або більш складної форми), і промінь формується зовнішньою рифленою лінзою або перефокусується внутрішніми лінзами (еліптичним відбивачем), які потім направляють світловий потік на дорогу.

У бароптичній системі світловий потік, що виробляється галогенною або газорозрядною лампою, направляється в

оптичний світловод відбиваючими гранями. Потім він фокусується лінзами й направляється по оптичному світловоду, який у комбінації з екранами визначає бажані характеристики променя: поширення, ширину, довжину, загасання на краях і однорідність. Переваги цієї системи повного освітлення полягають у тому, що її фотометрична якість подібна до фар нормального розміру. Поширення світла також оптимізоване, що збільшує комфорт при русі вночі.

### 9.17 Відбивачі складної форми

Поверхня відбивача розраховується на комп'ютері з використанням мінімум 50 000 індивідуальних точок.



Рисунок 9.23 – Модулі третього покоління (SC3) та інші освітлювальні вироби від компанії Valeo

Розрахунки індивідуальні для кожної моделі проекрованої фари. Третє покоління відбивачів складної форми (complex shape reflection- SC3) поєднує переваги перших двох розробок і керує спадом інтенсивності й структурою променя, а також його однорідністю. Лінзи SC3-фари можуть бути зовсім прозорими або з боріздками просто в декоративних цілях. Лінза присутня для поліпшення естетичного сприйняття й аеродинаміки. На рис. 9.23 показані фари, що використовують цю технологію, а також деякі інші компоненти системи освітлення.

### **9.18 Інфрачервоні фари**

Технологія теплового зображення обіцяє зробити нічне водіння менш небезпечним. Інфрачервоні системи теплового зображення в цей час вже встановлюють на автомобілі. Відділення Cadillac компанії General Motors тепер пропонує як опцію систему, названу Night Vision («Нічний Зір»). Після того як включається «нічний зір», «гарячі» об'єкти, включаючи тварин і людей, виявляються у вигляді білих фігур у тепловому зображенні, як показано на рис. 9.24.

Інфрачервона ділянка спектра світла була виявлена ще в 1800 р. Вільямом Гершелем. Досліджуючи світло, що проходить через призму, Гершель виявив, що тепло йде із променями, які він не міг бачити. Цю частину спектра називають інфрачервоною (з латини «infra» означає «нижче»), тому що частота променів лежить нижче частоти червоного світла.

Інфрачервоний спектр починається з довжини хвилі приблизно 0,75 мкм і тягнеться до хвиль довжиною 1 мм. Кожний об'єкт із температурою вище абсолютного нуля (-273 °C) випускає деяку кількість інфрачервоного випромінювання.

На автомобілі блок відеокамери встановлюється на монтажну стійку фари в центрі автомобіля, за передніми ґратами. Її націлювання виконується точно так само, як і для фар.

Положення посередині ґрати було обрано тому, що більшість передніх зіткнень є зміщеними ударами, а не повними лобовими контактами. Як стверджується, датчик досить твердий, щоб, так чи інакше, протистояти впливу на бампер при швидкості 9 миль на годину (14,5 км/год). Датчик сфокусований на дальність 125 м перед автомобілем, як показано на рис. 9.25.



Рисунок 9.24 – Система Night Vision у дії

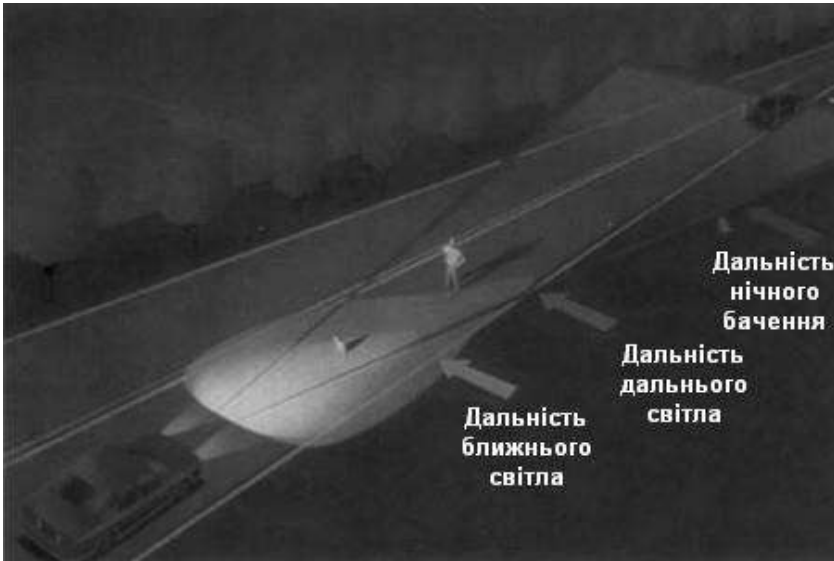


Рисунок 9.25 – Дальність системи нічного бачення

Зовнішня лінза датчика покрита кремнієм, щоб захистити її від подряпин. За неї – дві лінзи, зроблені із чорного скла, названого «текалгеніт» (tekalgenit). Це композитний матеріал, який пропускає інфрачервоне світло, але видиме світло через нього проходить не буде.

Пристрій трохи походить на звичайну камеру, але замість плівки вона містить набір сегнетоелектричного барій-стронцій-титанату (ferroelectric barium-strontium-titanate – BST). На підложці площею 25 мм<sup>2</sup> розміщено 76 800 елементів (розміром 320x240). Кожний елемент є температурно-залежним конденсатором, ємність якого змінюється пропорційно кількості інфрачервоного випромінювання, сприйнятого елементом.

Цей датчик – неохолоджувана фокальна плоска решітка (uncooled focal plane array – UFPA). Електричний нагрівальний елемент підтримує температуру UFPA 10°C, що дозволяє датчику працювати при навколишній температурі від -40 до +85°C.

Елементи UFPA реагують на теплову енергію об'єктів, чие випромінювання попадає на лінзу. У датчику використана система механічного розгорнення зображення по рядкам. Між лінзою й набором елементів датчика UFPA розташований тонкий кремнієвий диск, який обертається електромотором зі швидкістю 1800 об/хв.

На поверхні диска протравлені розташовані по спіралі лунки. Інфрачервоне випромінювання блокується цими лунками, але вільно проходить через гладкі ділянки. Зчитування інформації відбувається шляхом опитування елементів датчика кожену 1/30 с, а блокування «засвічення» елементів на час зчитування інформації підвищує чутливість датчика. Отриманий у такий спосіб відеосигнал надходить на систему проекційного дисплея (system's head-up display – HUD).

Дисплей, вбудований у приладову панель, проектує чорно-біле зображення, яке водій бачить близько переднього краю капота автомобіля. Об'єкти на зображенні того ж розміру, як і спостережувані UFPA що допомагає водієві судити про відстань до них.

**Вогні RGB.** Надійність світлодіодів дозволяє дизайнерам інтегрувати вогні в корпус автомобіля способами, які дотепер були неможливі. Колір випромінювання, що випускається

світлодіодами, – червоний, жовтогарячий, жовтий або зелений. Є прогрес у розробках світлодіодів синього кольору, який при об'єднанні із червоним і зеленим дозволить одержати від твердотільного приладу біле світло. Червоний, зелений та синій (red, green, blue – RGB) – первинні кольори світлового спектра й можуть бути змішані для створення будь-якого іншого кольору. Це схоже на те, як працюють комбінації пікселів RGB па кольоровому моніторі або телевізійному екрані.

Розвиток технології надає виготовлювачам оптики дуже широкі можливості. Тип використовуваних вогнів і їх можливе положення на транспортному засобі стають практично нічим не обмеженими. Задні вогні, зокрема, могли б бути змінені в залежності від виниклих потреб. Наприклад, під час звичайного руху задні вогні червоні, але при включенні заднього ходу стануть білими.

### **9.19 Освітлення від єдиного джерела світла**

Тепер можна використовувати газорозрядну лампу (gas discharge lamp – GDL) як центральне джерело для освітлення всього транспортного засобу. Розвиток цієї нової системи фар дозволяє скоротити розміри фар при тій самій потужності або забезпечити поліпшене освітлення при колишніх розмірах. Використання газорозрядної лампи в якості центрального джерела світла для всіх вогнів транспортного засобу показано на рис. 9.26.

Принцип такого джерела світла полягає в тому, що світло від потужного джерела світла розподіляється фарам та іншим лампам по світловоду або скловолокну. Світло від газорозрядної лампи вводиться в оптичне волокно через спеціальні лінзи й виводиться зі світловода подібним же чином, як показано на рис. 9.27. Вихідна лінза зі структурованим покриттям забезпечує необхідний розподіл світла.

Для керування світловим потоком можна використовувати заслінки або навіть електрохроматичні вимикачі (кольорові фільтри з керуванням світлопропусканням). Може виявитися проблемою виділення тепла усередині оптоволокну, але прозоре для інфрачервоних променів покриття на поверхні, що відбиває, допоможе полегшити цю проблему.

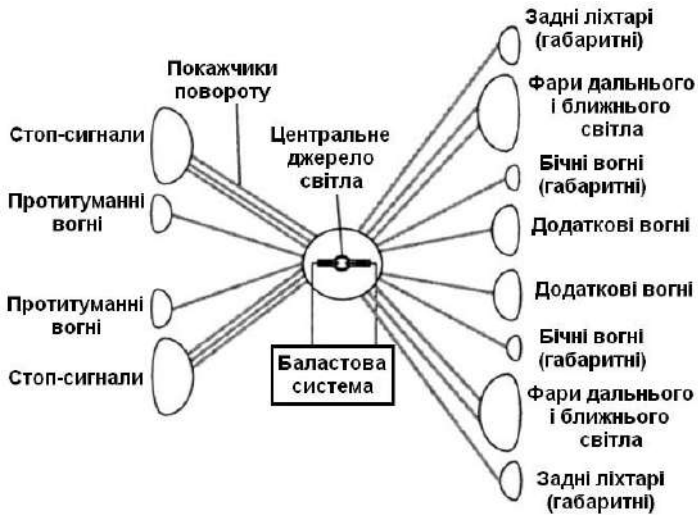


Рисунок 9.26 – Використання газорозрядної лампи в якості центрального джерела світла для всіх вогнів автомобіля

Світловодна система має порівняно низьку фотометричну ефективність (10-20 % у найкращому разі), але дуже ефективне джерело світла все ж робить це технічне рішення реальним.

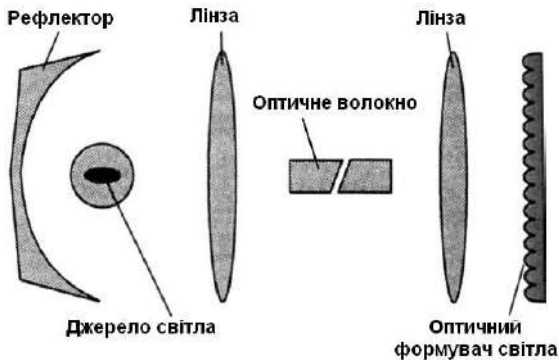


Рисунок 9.27 – Світло газорозрядної лампи входить в світловод і виходить з нього через спеціальні лінзи

Одна з головних його переваг в тому, що воно здатне

поліпшити розподіл світла головної фари. Через нормативні обмеження, пов'язані з осліпленням, звичайні вогні не освітлюють у достатньому ступені область дороги безпосередньо перед лінією зрізу променя. Тому можна використовувати кілька пучків скловолокна, щоб при будь-якому розподілі навантаження направити світло на необхідні зони дороги.

Центральне джерело світла може бути поміщене у будь-якому місці транспортного засобу. Потрібно тільки одне джерело, але з міркувань безпеки розумно, щоб використовувалося й друге. У цей час на автомобілі використовується 30-40 ламп, і це число могло б бути зменшене.

Єдине джерело світла цілком могло б знайти застосування для задніх ліхтарів транспортного засобу, що дозволило б виконати їх з повною глибиною всього 15 мм. Забезпечення світлом при цьому могло б здійснюватися від єдиної лампи звичайного типу.

## **9.20 Експертні системи освітлення**

Експертна система освітлення (Expert Lighting System) – це технологія компанії Valeo, розроблена з метою адаптувати промінь фар до різних умов дороги й трафіка. Ближнє світло пристосовується до вигинів дороги, а дальнє світло – до швидкості транспортного засобу. Ці функції освітлення забезпечують водіям:

- підвищений комфорт через більшу кількість світла й кращу якість променя;
- підвищену безпеку, особливо у важких умовах руху, типу в'юнких гірських доріг.

Ці функції забезпечуються додатковими відбивачами, що рухаються, які обертаються у відповідності з положенням керма (у відповідності з напрямком огляду водія).

Додатковий промінь висвітлює область поза лінією вигину (або усередині лінії), яка звичайно не висвітлюється традиційним ближнім світлом.

Адаптація дальнього світла до швидкості заснована на зсуві додаткових дзеркал усередині відбивача дальнього світла. Промінь дальнього світла автоматично адаптується по ширині й дальності у відповідності зі швидкістю транспортного засобу.

### *Інтелектуальне переднє освітлення – Hella.*

Освітлення сучасних транспортних засобів безперервно поліпшувалося протягом декількох минулих десятиліть. Галогенна технологія, розвинена компанією Hella, була впроваджена на початку 1970-х, а технологія ксенону в 1990-х. Ці технології привели до появи нових стандартів на освітлення. Перевагами цих систем були (і усе ще залишаються) їх висока якість освітлення й точний розподіл світла.

Однак інтелектуальні системи освітлення майбутнього повинні будуть запропонувати автомобілістам ще більше переваг, щоб зробити рух більш безпечним і приємним.

У співробітництві з автомобільною промисловістю компанія Hella керує проектом по розробці інтелектуальної передньої системи освітлення для майбутніх поколінь автомашин. Дослідження ринкової кон'юнктури, проведене на всьому європейському просторі, дозволило зробити аналіз вимог водіїв до освітлення їх транспортного засобу.

Згідно з дослідженням, європейські водії прагли б, щоб переднє освітлення відповідало різним умовам, з якими вони зустрічаються: денне світло, сутінки, ніч, в'їзд і виїзд із тунелів і такі погодні ситуації, як дощ, туман або падаючий сніг.

Вони також прагли б кращого висвітлення на вигинах доріг. Водії прагли б більшого світла на автострадах. Список їхніх вимог також включає краще світло на узбіччі дороги й додаткове світло для паркування у вузькому місці й для розвороту.

Експертам по освітленню компанії Hella, перетворюючим ці вимоги в інтелектуальну систему переднього освітлення, доводиться вести всебічне пророблення деталей і розбудовувати принципово нові технології освітлення, які різними способами будуть здатні задовольнити водіїв у всіх згаданих вище ситуаціях, деякі з яких приводять до суперечливих вимог щодо розподілу світла.

Наприклад, пряме освітлення області безпосередньо перед автомобілем бажане, коли шосе сухе, але може засліпити зустрічного водія, якщо дорого волога. Світло, що випускається вище лінії зрізу променя, у тумані засліплює самого водія.

А вузький розподіл далекого світла для руху по швидкісній автостраді не підходить на звивистих сільських дорогах, де

виникає потреба освітлення більш широкого простору перед автомобілем, можливо, підкріпленого спеціальною фарею для вигинів або «динамічною» системою освітлення з регульованою дальністю. Незважаючи на широку різноманітність усіх цих структур розподілу, ні одній не можна дозволяти осліплення зустрічних водіїв.

Інша ідея – вогні, які включаються автоматично. Неосвітлені транспортні засоби постійно виявляються вночі, наприклад при русі в центрі міста, тому що вуличне освітлення настільки гарне, що деякі водії не в змозі помітити що вони рухаються без вогнів. Те ж саме явище спостерігається в тунелях. В обох випадках неосвітлені транспортні засоби представляють значний ризик, тому що інші учасники руху із труднощами можуть їх розглянути.

За допомогою датчиків (які вже встановлені на деяких транспортних засобах) інтелектуальна система освітлення може пізнавати скільки-небудь помітну зміну ситуації освітлення й надати відповідну допомогу водієві.

Наприклад, датчики сонячного світла, які вже існують для того, щоб керувати системами кондиціонування, або пристрої для визначення швидкості могли б поставляти дані інтелектуальній системі освітлення. Важливі дані могли б надавати додаткові датчики для навколишнього світла й світлового потоку в полі зору, здатні ідентифікувати, чи є дорога сухою або вологою, чи є туман, пряма дорога попереду чи з вигином.

У сучасних транспортних засобах із цифровими електронними системами й шинними інтерфейсами ці дані будуть корисні не тільки для систем освітлення, але також і для інших систем, якими керують за допомогою електроніки, типу ABS або ASR, й зможуть надавати водієві життєво важливу допомогу, особливо у важких ситуаціях під час руху.

Якщо транспортний засіб має «динамічну» систему фар, яка здатна до створення різних структур розподілу світла, система може використовувати дані, отримані від різних датчиків на транспортному засобі.

Для початку могла б впроваджуватися автоматична система динамічного регулювання висоти променя й фар, які автоматично повертаються зі сторони убік. Крім того, могли б навіть

використовуватися змінні відбивачі, що забезпечують широкий діапазон структур розподілу світла.

### 9.21 Обов'язкові функції освітлення. Гнучке світло

Компанія Valeo розробила технологію фари, яку вона називає «гнучким світлом» (Bending Light). Цей метод дозволяє автоматично направляти світло з урахуванням вигинів доріг, щоб уночі оптимізувати видимість перед автомобілем. Технологія вносить істотний вклад у комфорт і зручність, зменшуючи втому водія (рис. 9.28).

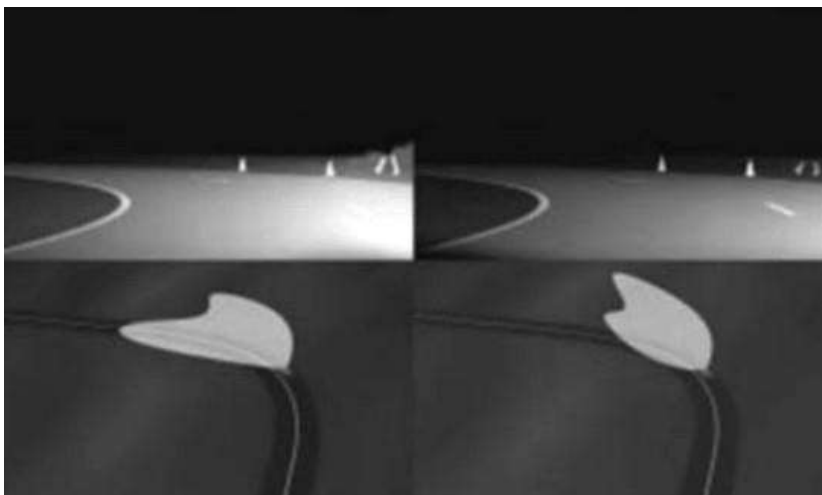


Рисунок 9.28 – Система гнучкого динамічного світла й звичайне освітлення

Система «гнучке світло» складається з біксенонової фари або рефлектора, які можуть повертатися щодо штатного положення. Щоб дати більше світла в зону повороту дороги, можна використовувати додаткову фару, рефлектор або комбінацію цих двох приладів.

Моторизованим світловим модулем усередині кожної фари управляє електронний блок, що використовує сигнали від датчиків швидкості, коліс і керма. Якщо є необхідність, можна також використовувати зв'язок із супутниковою навігаційною

системою (GPS).

Система «гнучке світло» є першою з адаптивних систем переднього освітлення нового покоління, які вироблені Valeo після проведення великої дослідницько-конструкторської програми. Діапазон розробок включає три різні типи освітлення:

- освітлення автостради – типова швидкість вище 80 км/год. Ближнє світло фари в цьому режимі піднімається, використовуючи сигнал від датчика швидкості коліс, щоб пустити в хід систему самовирівнювання, яка збільшує видимість дороги для водія на високих швидкостях;
- освітлення при несприятливій погоді – забезпечує видимість у складних умовах: при тумані, дощі й снігу;
- додаткове освітлення – допомагає удержати в полі зору край дороги, у той час як світло віддаляється з переднього плану, щоб зменшити відбиття від вологої дороги;
- освітлення в міських умовах – на добре освітлених міських вулицях яскравість переднього променя світла знижена, а бічне світло збільшене, щоб поліпшити ідентифікацію пішохода та велосипедиста на перехрестях, а також зменшити ймовірність осліплення.

Система «гнучке світло» – інтелектуальна система керування фарами, яка оптимізує освітлення в нічний час на звивистих дорогах. Щоб автоматично передати збільшену кількість світла в дорожні вигини, системи «гнучке світло» використовують кілька конструктивних рішень. Динамічне «гнучке світло» (Dynamic Bending Light – DBL) використовує лампу вісмут-ксенон, розміщену в кожному модулі фари разом із приводом і електронним блоком керування.

Ця конструкція забезпечує горизонтальне обертання лампи Ві-Хенон до 15° від нормального («прямо вперед») положення. Поворотом керує мікроконтролер, який одержує в режимі реального часу по мережі передачі даних транспортного засобу сигнали від датчика кута повороту керма й датчиків швидкості коліс. Фіксоване «гнучке світло» (Fixed Bending Light – FBL) використовує додаткову лампу, інтегровану в модуль фари під кутом 45°.

## 9.22 Система переднього освітлення AFS

Система переднього освітлення компанії Visteon (Visteon's Advanced Frontlighting System – AFS) включає інноваційні електронні засоби регулювання світла фари таким чином, щоб напрямком променя залежав від певних умов руху, таких як напрямком і швидкість транспортного засобу (рис. 9.29). Водій автоматично одержує оптимальний розподіл світла відповідно до конкретної ситуації, яке, таким чином, поліпшує видимість дороги й підвищує безпеку нічного водіння.



Рисунок 9.29 – Механічна конструкція системи ASF

Передові системи переднього освітлення включають основні функціональні вузли:

- електронний модуль керування;
  - рухлива фара ближнього світла;
  - галогенна лампа ближнього світла;
- додаткові функції:

- електронний модуль керування;
- зсув променя нагору на високих швидкостях, і вниз і назовні на низьких швидкостях;
- сумісність із джерелами 42 В;

- здатність переміщати промінь ближнього світла нагору, коли активується дальнє світло;
- більш далекий і вузький розподіл світла, що поліпшує видимість на великих відстанях;
- можливість активувати/деактивувати систему.

Кожна система обладнана вимикачем, датчиками, які виявляють зміну зовнішніх умов, електронним блоком керування, який обробляє дані від датчиків, і електронними виконавчими механізмами фар. Алгоритм керування кожною системою й приводами фар розроблений компанією Visteon. Центральний процесор керує світлом фари в режимі реального часу, одержує дані від датчика кермового колеса (кут поворота керма), датчика швидкості й датчиків осей установки фари (рис. 9.30).



Рисунок 9.30 – Ситуація в якій ASF допомагає освітленню дороги

Коли, наприклад, транспортний засіб огинає кут, у зовнішньої фари зберігається прямий напрямок променя, у той час як промінь внутрішньої фари висвітлює поворот, що набігає. AFS реагує на швидкість транспортного засобу, вибираючи оптимальну функцію відхилення променя для різних швидкостей.

При активуванні дальнього світла система додатково піднімає промінь ближнього світла, щоб ще більш розширити діапазон огляду. Однією з найважливіших властивостей систем компанії Visteon є можливість враховувати потреби виготовлювача. Системи AES може використовувати рентабельні галогенні лампи. Власні дослідження компанії Visteon показали, що хоча покупці транспортного засобу розуміють вигоди технології ксенону, їх може відлякувати більш висока ціна цієї лампи. Залежно від потреб виготовлювача системи AFS можуть бути модифіковані для різноманітних дорожніх умов. Вони також можуть бути реалізовані на транспортних засобах з електричними системами 14 і 42 В.

Системи AFS компанії Visteon також забезпечують дизайнерам автомобілів високий ступінь гнучкості при конструюванні. Ці системи добре вписуються в моду на фари прожекторного стилю, вони також можуть бути легко скомпоновані як модуль, що складається з окремих компонентів, у фарі відбивного стилю. Можливості AFS і варіанти конструктивних рішень представлені на рис. 9.31, 9.32 і 9.33.

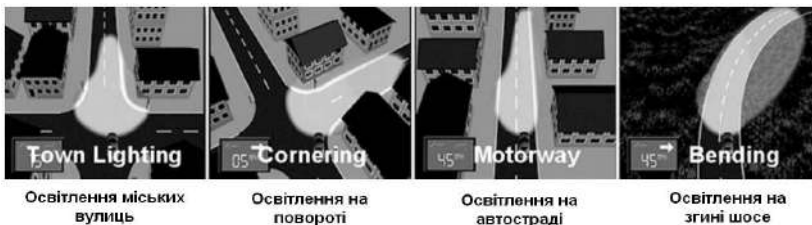


Рисунок 9.31 – Чотири функції системи ASF

### 9.23 Інші розробки в освітленні автомобіля

Існують дві інші області автомобільного освітлення, у яких постійно ведуться нові розробки – використання світловипромінюючих діодів (LED) і газорозрядних ламп (GDL).



Рисунок 9.32 – Світлодіодне освітлення



Рисунок 9.33 – Ксенонове освітлення

Типовий термін служби світлодіодів дорівнює 25-ти термінам служби ламп накаливання. Джерела світла на автомобілі повинні витримувати екстремальні зміни температури й вологості, а також серйозні удари й вібрацію.

Найкращим чином для подібних умов підходять світлодіоди.

Вони більш дорогі ніж лампи, але потенційне зниження конструкторських витрат, обумовлене герметичністю модулів і більшою волею у виборі конструкції, могли б переважити додаткові витрати.

Ще одна їхня перевага полягає в тому, що вони включаються більш швидко, ніж звичайні лампи, – це важливо при їх використанні у якості стоп-сигналів. Вигода ксенонового освітлення полягає в тому, що ксенонова лампа випускає в два рази більшу кількість світла, чим галогенна лампа, споживаючи при цьому тільки половину її потужності. Тому водій може краще бачити дорогу, а в автомобілі має місце економія енергії для живлення інших пристроїв.

Чисте біле світло, вироблене ксеноною лампою, подібне до денного світла. Дослідження показало, що це дозволяє водіям краще концентрувати свою увагу під час їзди. Практично термін служби ксенонової лампи дорівнює тривалості життя автомобіля, тобто лампа буде замінятися тільки у виняткових випадках.

## **9.24 Світлодіодні джерела**

Світлодіодні індикатори почали використовувати багато років тому в приладових панелях та вимірювальних пристроях. Проте донедавна не передбачалося, що світлодіоди будуть використовуватися в якості заміни ламп для зовнішнього освітлення. Світлодіоди мають набагато більш високу надійність і суттєво менші витрати енергії, а так само вимагають меншого обсягу обслуговування.

Досягнення в збільшенні яскравості й розширенні колірної гами цих приладів створили передумови для використання світлодіодів замість ламп накаливання. Щоб одержати світловіддачу нарівні зі звичайною лампою, у цей час потрібен не один світлодіод, а група. Але група при тій же світловіддачі споживає тільки близько 15 % потужності лампи накаливання. Лампа потребує заміни приблизно після 1000 годин роботи, тоді як світлодіод може експлуатуватися до 100 000 годин.

Завдяки появі надяскравих світлодіодів з нітридом галію (GaN) і нітридом галію, легованого індієм (InGaN), почалося витиснення ними ламп накаливання. Синій колір – ключове питання для світлодіодів, його необхідно додати до матриці

червоних і зелених діодів, щоб відбулося об'єднання трьох кольорів, і матриця могла випромінювати білий або будь-який інший колір. Однак у той час як білий колір може бути створений методом RGB, покриття синього світлодіода (InGaN) фосфором безпосередньо створює біле світло, цей процес називається методом фосфорної конверсії.

Ряд виготовлювачів зосередився на виробництві або закупівлі світлодіодів InGaN. Через це вони впали в ціні більш ніж на 50 % і, як очікується, то ж саме відбудеться ще раз у найближчому майбутньому. Світлодіоди стають все більш і більш популярними для все менш традиційних варіантів використання.

### **9.25 Лазерні фари**

Система освітлення автомобіля розвивається стрімкими темпами, забезпечуючи все нові і нові рівні безпеки і комфорту руху. Вражає еволюція джерел автомобільного світла: галоген, ксенон, світлодіоди і ось, нарешті, лазери.

Джерелами світла на основі лазерних діодів в даний час займаються дві автомобільні компанії – BMW і Audi, які представили лазерні фари на своїх спортивних автомобілях.



Рисунок 9.34 – Лазерні фари

Лазерна фара в її нинішньому вигляді фараю, як такої, не є, а є лазерним модулем дальнього світла в складі матричної фари. У перспективі вся автомобільна оптика може перейти на лазерні джерела світла. Перевагами лазерних фар, що забезпечують їх широке застосування в майбутньому, є:

- велика дальність освітлення (до 600 м);
- чітка світлотіньова межа;
- компактність конструкції;
- низьке споживання енергії.

Крім адаптивного дальнього світла лазерні фари можуть виконувати й інші функції:

- взаємодія з пішоходами (допомога, попередження);
- активна дорожня розмітка (розділові смуги, узбіччя);
- маркувальне світло (підсвічування пішоходів, тварин на проїзній частині);
- точне затемнення зустрічних і попутних автомобілів;
- вказівка габаритів автомобіля в умовах обмеженого простору.

З розвитком системи комунікації між автомобілями перелік функцій лазерних фар буде тільки розширюватися.

Конструкція лазерної фари (лазерного модуля матричної фари) включає блок лазерних діодів, дзеркальну матрицю, люмінофор і лінзу. Лазерні діоди від фірми Osram формують лазерні промені довжиною 450 нм, які перетворюються (переломлюються) DMD-матрицею (Digital Micromirror Device, дослівно – цифровий мікродзеркальний пристрій), що складається з більше 100 000 мікродзеркал.

Матриця від фірми Bosch побудована на кремнієвій технології і має електромеханічне управління, що дозволяє кожному з мікродзеркал повертатися в горизонтальній і вертикальній площині.

Це дає можливість змінювати площу та інтенсивність освітлення з високою швидкістю в широкому діапазоні. Люмінофор перетворює сині лазерні промені в біле світіння. На виході лінзи виходить потужний світловий пучок високої температури кольору, яка відповідає денному світлу.

Керування лазерною фараю здійснює електронний блок, який змінює положення мікродзеркал на підставі сигналів від радара і

відеокамери. При низьких швидкостях руху світло розподіляється на велику площу проєкції, і дорога висвітлюється в широкому діапазоні. На високих швидкостях кут розкриття зменшується, а інтенсивність світла збільшується.

Отже невдовзі слід чекати появи лазерних фар на масових, більш дешевих автомобілях, а не тільки на преміум сегменті, і це, по всій видимості, не за горами.

### **9.26 Матричні фари**

Провідні позиції в області даної технології освітлення належать компанії Audi. З 2013 року Audi встановлює матричні фари (Matrix LED headlights) на свою флагманську модель – Audi A8. Матричні фари піднімають на новий рівень безпеку дорожнього руху та комфорт керування автомобілем. Пілотний проєкт матричних фар (Matrix Beam) розробляє компанія Opel.

Матрична фара від Audi об'єднує матричний модуль дальнього світла фар, модуль ближнього світла фар, модуль денних ходових вогнів, габаритних вогнів і покажчика повороту, дизайнерське оздоблення фари, повітропровід з вентилятором і блок керування.



Рисунок 9.35 – Матричні фари

**Модуль дальнього світла фар** складається з 25 світлодіодів, об'єднаних в групи по 5 штук які в сукупності утворюють матрицю. Кожна група має свій відбивач і металевий радіатор для охолодження. За допомогою матриці зі світлодіодів реалізовано близько одного мільярда (!) різних комбінацій розподілу світла.

**Модуль ближнього світла фар** розташований під модулем дальнього світла фар і складається з 15 світлодіодів, поділених на декілька сегментів. У самому низу фари розміщений модуль денних ходових вогнів, габаритних вогнів і покажчика повороту. Конструктивно модуль включає 30 послідовних світлодіодів.

Розташування модулів освітлення підкреслено дизайнерським оздобленням. У матричній фарі розташований електронний блок керування. Для примусового охолодження світлодіодів фара оснащена повітроводом з вентилятором.

Всі конструктивні елементи матричної фари поміщені в пластмасовий корпус, який служить основою для розміщення елементів і захищає їх від зовнішніх впливів. З лицьової частини корпус закритий прозорим розсіювачем.

Матричні фари мають електронну систему керування, яка традиційно включає вхідні пристрої, блок управління і виконавчі елементи. Вхідними пристроями є відеокамера і ряд датчиків. Відеокамера надає інформацію про інші автомобілі на дорозі. В інтересах матричних фар працює безліч датчиків інших систем автомобіля: датчик кута повороту рульового колеса, датчик швидкості руху, датчик дорожнього просвіту, датчик освітлення, датчик дощу.

При наявності в автомобілі навігаційної системи в управлінні матричними фарами використовуються маршрутні дані (характер руху, рельєф дороги, населені пункти).

Електронний блок управління обробляє інформацію від вхідних пристроїв і в залежності від дорожньої ситуації активує (дезактивує) певні світлодіоди. Необхідно відзначити, що в матричних фарах не використовуються поворотні механізми, як в ксенонових фарах. Всі робочі функції виконуються за допомогою електроніки і статичних світлодіодів.

У матричних фарах реалізовано кілька функцій освітлення:

- полісегментальне дальнє світло;
- дальнє світло для автомагістралі;

- ближнє світло;
- статичне адаптивне освітлення;
- освітлення перехресть;
- всепогодне освітлення;
- підсвічування пішоходів;
- динамічне адаптивне освітлення;
- динамічні покажчики поворотів.

**Полісегментальне дальнє світло** дозволяє рухатися з постійно включеним дальнім світлом фар. Луч дальнього світла фари об'єднує 25 окремих сегментів (по числу світлодіодів).

При русі в темний час доби відеокамера виявляє зустрічні і попутні автомобілі по їх висвітленню. Як тільки автомобіль виявлений, система управління вимикає світлодіоди, направляючи світло на транспортний засіб.

Інший простір дороги висвітлюється повністю. Крім того, для виключення засліплення інших водіїв, яскравість включених світлодіодів може бути зменшена. Матричні фари одночасно можуть маскувати до 8 автомобілів.



Рисунок 9.36 – Матричні фари – маскуванню автомобілів

**Дальнє світло для руху по автомагістралі** вмикається при отриманні від навігаційної системи інформації, що автомобіль рухається по автомагістралі. Система управління фарами звужує світловий конус дальнього світла фар, що відповідає даному типу дороги і руху по ньому.

**Ближнє світло фар** має традиційну асиметричну форму: середня частина висвітлюється менше, узбіччя дороги висвітлюється більше.

**Статичне адаптивне освітлення** призначене для кращого освітлення простору спереду і збоку автомобіля при виконанні повороту. Для цього в кожній з фар задіється по три світлодіода, які включаються при повороті рульового колеса або включенні покажчика поворотів.

**Функція освітлення перехрестя** служить для кращого освітлення перехрестя що наближається. Наближення перехрестя визначається за допомогою навігаційної системи, після чого включаються світлодіоди статичного адаптивного освітлення в обох фарах.



Рисунок 9.37 – Матричні фари – підсвічування пішоходів

При русі в поганих погодних умовах (сніг, туман, дощ) використовується **функція всепогодного освітлення**. Вона

дозволяє уникнути засліплення водія від світла своїх фар. При натисканні відповідної клавіші знижується інтенсивність ближнього світла фар, і включаються світлодіоди статичного адаптивного освітлення в обох фарах.

Матричні фари здатні в темряві *підсвічувати пішоходів і тварин*, що знаходяться на дорозі або в небезпечній близькості від неї. Для цього фари об'єднані з системою нічного бачення. При виявленні пішохода фари триразово сигналізують дальнім світлом, попереджаючи як пішохода, так і водія.

При включеному дальньому світлі фар задіється *динамічне адаптивне освітлення поворотів*. При повороті рульового колеса яскравість світлового пучка дальнього світла переноситься з центральної частини в бік повороту за рахунок зміни яскравості світлодіодів.

*Динамічний показчик поворотів* являє собою керований рух вогнів в напрямку повороту. Для реалізації даної функції 30 послідовних світлодіодів послідовно включаються з періодичністю 150 мс. Як стверджує виробник, динамічний показчик поворотів значно підвищує інформативність системи освітлення автомобіля.

## **9.27 Освітлення салону автомобіля**

Прошли часи, коли салон автомобіля висвітлював один ліхтар. Сьогодні внутрішнє освітлення автомобіля є окремою системою, яка об'єднує безліч елементів і забезпечує комфорт для пасажирів і безпеку для оточуючих в різних умовах.

В системі освітлення салону автомобіля реалізується кілька функцій:

- власне освітлення салону;
- світло для читання;
- підсвічування речового ящика;
- підсвічування багажного відсіку;
- підсвічування косметичного дзеркала;
- підсвічування простору для ніг;
- підсвічування внутрішньої ручки дверей;
- застережливе світло в дверях і кришці багажника.

Конкретний перелік функцій визначається моделлю і комплектацією автомобіля.

Для освітлення салону, речового ящика, багажного відсіку, косметичного дзеркала, простору для ніг, внутрішньої ручки дверей, застережливого світла використовуються плафони (ліхтарі) різної конструкції. Типовий плафон освітлення складається з джерела світла, корпусу, лінзи і з'єднувального роз'єму. Як джерело світла застосовується звичайна лампа накаливання або світлодіод.

Все більшої популярності в освітленні салону автомобіля набирають світлодіоди, які, крім низької витрати енергії і великого терміну служби, мають компактні розміри. Товщина плафонів освітлення зі світлодіодами становить менше 10 міліметрів, що дозволяє їх використовувати в різних місцях салону без обмежень.



Рисунок 9.38 – Освітлення салону автомобіля

Світильники мають індивідуальний алгоритм управління. Освітлення салону включається примусово або автоматично при відкриванні дверей автомобіля. При відкритті дверей автомобіля

в темний час доби автоматично спрацьовує підсвічування для ніг, попереджувальне світло в дверях і кришці багажника. Необхідність включення підсвічування визначається за сигналом датчика освітлення.

Підсвічування речового ящика і багажного відсіку автоматично спрацьовує при їх відкриванні. Для реалізації підсвічування використовується кінцевий вимикач в речовому ящику (багажному відсіку).

Підсвічування косметичного дзеркала активізується при відкриванні дзеркала і вимикається при закриванні дзеркала або повороті сонцезахисного козирка. Підсвічування внутрішньої ручки дверей здійснюється автоматично при включенні запалення.

Плафон освітлення салону і світло для читання зазвичай об'єднують в модульні конструкції, т.зв. *стельові консолі*. Стельова консоль може встановлюватися для кожного ряду пасажирів в автомобілі. Для створення яскравого і спрямованого світла ліхтарі для читання обладнуються відбивачами.

Крім світильників на стельову консоль виносяться кнопки управління освітленням салону, світлом для читання, люком, панорамним дахом, датчики об'єму автомобільної сигналізації, мікрофон системи голосового управління, бокс для сонцезахисних окулярів.

Виробники автомобілів преміум сегменту пропонують на своїх автомобілях в якості опції *фонове освітлення* (Ambient Lighting у Mercedes-Benz, Ambient Light у BMW). Фонове освітлення підкреслює дизайн інтер'єру і створює атмосферу затишку в салоні. Крім того, фонове підсвічування полегшує орієнтування в салоні в темний час доби.

Для фонового освітлення використовуються світловоди, за допомогою яких підсвічуються поверхню приладової панелі, дверей, внутрішніх ручок дверей.

Крім цього, проводиться підсвічування дверних порогів і отвору багажного відсіку. Підсвічування виконується у вигляді назви фірми-виробника і несе, в основному, іміджеву функцію.

Пропонується кілька кольорних варіантів фонового освітлення. Фонове освітлення вмикається при відкритті дверей автомобіля зовні. Яскравість освітлення може регулюватися. Фонове

освітлення можна встановити окремо, наприклад, при виконанні тюнінгу автомобіля.



Рисунок 9.39 – Фонове освітлення автомобілів преміум сегменту (Ambient Lighting у Mercedes-Benz)



Рисунок 9.40 – Підсвічування для ніг у Toyota Prado

## Питання для самоперевірки

1. Опишіть коротко причини для встановлення вогнів на транспортні засоби.
2. Коли й ким були створені перші лампи накалювання?
3. Дайте обґрунтування чотирьом методам перетворення електричної енергії у світлову енергію.
4. Поясніть причину, чому лампи фар оснащуються плавкими запобіжниками незалежно один від одного.
5. Намалюйте спрощену схему системи освітлення, покажіть бічні вогні й лампи фар, вимикач світла, перемикач світла фар і індикатор попередження про включення дальнього світла.
6. Зробіть чіткий ескіз, щоб показати метод «панелі націлювання» при регулюванні лінії фар.
7. Опишіть дію газорозрядної лампи.
8. Перелічіть переваги й недоліки газорозрядних ламп.
9. Поясніть дію інфрачервоного освітлення й зробіть начерк блок-схеми компонентів системи.
10. Визначте термін «експертне або інтелектуальне освітлення».
11. Намалюйте типову схему ближнього світла й обґрунтуйте причину, чому вона використовується.
12. З якого матеріалу зроблена нитка у звичайній світловипромінюючій лампі?
13. Що забезпечує у фарі положення нитки лампи щодо відбивача?
14. Які переваги й недоліки асиметричної фари?
15. В чому полягає головна перевага від використання світловипромінювальних діодів на транспортному засобі?
16. Яка звичайна споживана потужність лампи стоп-сигналу?

## 10 ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ

Статистика дорожньо-транспортних пригод показує, що причиною значної кількості аварій є фізичний стан водія. Ряд великих автовиробників активно працюють над створенням різних систем контролю стану водія, покликаних, як мінімум, оповістити про настання небезпечного стану людини і, як максимум, втрутитися в керування транспортним засобом і попередити подія. Робота ведеться за кількома напрямками, серед яких контроль втоми, оцінка фізичної напруги, визначення хворобливого стану водія.

**Система контролю втоми водія** покликана виявити наступ втоми водія і попередити сон за кермом. Система пропонує зробити перерву для відпочинку шляхом попереджувачого звукового сигналу або сигналу на панелі приладів («чашка кави»). В даний час система контролю втоми водія реалізована на серійних автомобілях Mercedes-Benz, Volvo, Lexus.

Визначення настання втоми водія здійснюється різними способами – оцінкою дій водія з управління автомобілем, контролем характеру руху автомобіля, наглядом за особою водія за допомогою відеокамери.

Компанія Volkswagen встановлює на автомобілі систему екстреної допомоги, яка є розширенням системи допомоги руху по смузі. Якщо водій не в змозі управляти автомобілем (непритомніє) система **Emergency Assist** приймає управління на себе і зупиняє транспортний засіб, а також попереджає інших учасників руху про небезпечну ситуацію.

Якщо водій не використовує рульове управління протягом певного часу, система Emergency Assist попереджає його візуальними і звуковими сигналами, пригальмовує автомобіль. При відсутності реакції з боку водія система визначає, що він не в змозі управляти автомобілем.

Система допомоги руху по смузі забезпечує рух автомобіля в межах зайнятої смуги, а адаптивний круїз-контроль запобігає наїзду на автомобіль попереду. Для попередження інших водіїв включається аварійна сигналізація, автомобіль починає рухатися змійкою в межах смуги руху і в завершенні зупиняється.

Іншим напрямком розвитку систем контролю є оснащення

транспортних засобів біометричними датчиками, за допомогою яких можна стежити за важливими для здоров'я показниками (пульс, частота дихання, провідність шкіри та ін.). Дані розробки є перспективними і повинні з'явитися на серійних автомобілях в самий найближчий час.

Найближче до вирішення завдання знаходиться компанія Ford, яка пропонує систему оцінки навантаження водія, покликану зменшити неуважність і надмірне напруження. Фізичне напруження водія оцінюється шляхом обробки безлічі параметрів:

- руху транспортного засобу (швидкість, поздовжнє і поперечне прискорення, швидкість нишпорення);
- дій водія (кут повороту рульового колеса, положення педалей акселератора і гальма);
- дорожніх умов (щільність руху, характер дорожнього покриття);
- біометричних показників (серцевий ритм, частота дихання, температура шкіри).

Якщо навантаження на водія досить високе, то система вживає заходів для зниження напруги, в тому числі автоматично запускається функція блокування мобільного телефону від вхідних дзвінків (функція «не турбувати»).

У роботі системи оцінки навантаження водія використовуються наступні біометричні датчики:

- п'єзоелектричний датчик в ремені безпеки для моніторингу частоти дихання;
- накладки-провідники на ободі рульового колеса для вимірювання пульсу водія;
- інфрачервоні датчики на ободі рульового колеса для вимірювання температури долонь водія;
- інфрачервоний датчик за рульовим колесом, який контролює температуру водія.

Компанія Jaguar Land Rover пропонує контролювати стан водія за допомогою біометричних датчиків, вбудованих в водійське сидіння. В системі ***Driver Wellness Monitoring*** використовуються датчики частоти дихання і пульсу. Якщо система визначає серйозні проблеми зі здоров'ям або зайве збудження водія, то вживаються заходи для забезпечення безпеки

руху. При стресі регулюються внутрішнє освіження, аудіосистема і кліматична установка. При настанні раптової і тяжкої хвороби проводиться виклик екстреної допомоги, а автомобіль автоматично зупиняється.

У 2016 році компанія Audi представила проєкт *FitDriver* під девізом «Моя Audi піклується про мене». Життєво важливі параметри водія, такі як пульс і температура, контролюються за допомогою переносних пристроїв (тренувальний браслет або SmartWatch).

Ці дані доповнюються інформацією (про стиль водіння, частоту дихання, погодні і дорожні умови) що подається різними автомобільними датчиками. У сукупності отримані дані дозволяють визначити поточний стан водія, в тому числі підвищену втому або стрес.

В результаті всебічної оцінки фізичного стану задіюються різні системи автомобіля для відпочинку, відновлення і захисту водія: масаж сидінь, беззвучний режим телефону, клімат-контроль, адаптивна інформаційно-розважальна система, адаптивне внутрішнє освітлення. У перспективі Audi планує задіяти системи активної безпеки.

Компанія Ferrari запатентувала технологію, яка оцінює рівень напруги водія зі зміни мозкових хвиль. Мозкова біоелектрична активність вимірюється за допомогою бездротових датчиків, вбудованих в підголовник водійського сидіння. Залежно від стану водія проводиться зменшення подачі палива в двигун і автоматична стабілізація автомобіля.

В цьому напрямку веде роботу і Jaguar Land Rover. Система *Mind Sense* визначає по мозковій активності, коли водій відволікається або засинає під час руху. Встановлено, що мозок людини генерує кілька мозкових імпульсів різної частоти. Постійно вимірюючи ці імпульси, можна оцінити, наскільки зосереджений водій (забарився, задрімав або відволікся).

Моніторинг мозкових хвиль проводиться за допомогою датчиків, вбудованих в рульове колесо. Якщо активність головного мозку вказує на сонливість або погану концентрацію водія, то рульове колесо або педаль акселератора починають вібрувати, привертаючи увагу до водіння. Якщо реакції з боку водія не було, подаються візуальний і звуковий сигнал.

Інша область використання біометричних датчиків пов'язана з контролем фізичного стану літніх водіїв, а також водіїв з хронічними захворюваннями. В цьому напрямку працює відразу декілька автомобільних компаній.

Все той же Ford пропонує контролювати стан вікових водіїв за допомогою датчиків серцевого ритму, вбудованих в сидінні. В основу покладена технологія електрокардіограми, яка здійснює моніторинг серцевих електричних імпульсів і своєчасно визначає порушення (наприклад, серцевий напад), а також симптоми інших захворювань (наприклад, підвищений тиск).

Компанія Toyota для контролю життєво важливих показників використовує датчики на ободі рульового колеса: електроди для моніторингу серцевого ритму і оптичні датчики для оцінки провідності долонь.

Система контролю стану водія пов'язана з системою екстреного гальмування, що дозволяє зупинити автомобіль у разі серцевого нападу, а також з навігаційною системою, яка автоматично прокладає маршрут до найближчого лікувального закладу. Система дозволяє визначити наступ серцевого нападу вже на ранніх стадіях і тим самим попередити аварію.

Компанія BMW працює над технологією попередження водіїв, хворих на діабет, про підвищення рівня цукру в крові. Пристрій для вимірювання рівня цукру в крові підключено до смартфона, який в свою чергу з'єднаний через Bluetooth з мультимедійною системою автомобіля.

На екран системи виводиться інформація, що попереджає водія про небезпеку втрати свідомості через підвищення рівня цукру в крові. У перспективі вимірювані параметри будуть одразу автоматично передаватися до лікаря водія.

Отже, причиною приблизно 25 % всіх серйозних аварій на дорогах є саме втома водія і, як наслідок, засипання за кермом. Найбільший **ризик засипання за кермом** спостерігається в далеких поїздках, особливо в темний час доби і при монотонних дорожніх умовах.

Практика показує, що **через чотири години безперервного водіння реакція водія знижується в два рази, через вісім годин – в шість разів!**

Система контролю втоми стежить за фізичним станом водія і

якщо фіксує певні відхилення, попереджає водія про необхідність зупинки та відпочинку. Залежно від способу оцінки втоми водія розрізняють три типи систем. Перші побудовані на контролі дій водія, другі – контролі руху автомобіля, треті – на контролі погляду водія.

Mercedes-Benz з 2011 року встановлює на своїх автомобілях систему Attention Assist, в якій контроль дій водія ґрунтувався на багатьох факторах: манері їзди, поведінці за кермом, використанні органів управління, характері й умовах руху, тощо.



Рисунок 10.1 – Система контролю втоми водія Attention Assist

Конструкція системи Attention Assist об'єднує датчик рульового колеса, блок управління, сигнальну лампу і звуковий сигнал оповіщення водія. Датчик рульового колеса фіксує динаміку дій водія по обертанню рульового колеса. У своїй роботі система використовує також вхідні сигнали датчиків інших систем автомобіля: управління двигуном, курсової стійкості, нічного бачення, гальмівної системи.

Блок управління обробляє вхідні сигнали і визначає:

- стиль водіння (аналіз швидкості, і бічного прискорення протягом 30 хв. після початку руху);
- умови водіння (аналіз часу доби, тривалості поїздки);
- використання органів управління (аналіз використання

гальма, підрульових перемикачів, кнопок на панелі управління);

- характер обертання рульового колеса (аналіз швидкості, прискорення);
- стан дорожнього полотна (аналіз бічного прискорення);
- характер руху автомобіля (аналіз пересування і бічного прискорення).

В результаті проведених обчислень встановлюються відхилення в діях водія і траєкторії руху автомобіля. На дисплей панелі приладів виводиться сигнальний напис про необхідність зробити перерву і проводиться звуковий сигнал. Якщо після сигналів водій не зупиняється і продовжує рух в сонливому стані, система повторює сигнали з періодичністю 15 хвилин. Система активується на швидкості 80 км/год.

На відміну від системи Attention Assist, система **Driver Alert Control, DAC** від Volvo фіксує тільки характер руху автомобіля по дорозі.



Рисунок 10.2 – Система Driver Alert Control

Спрямована вперед відеокамера фіксує положення автомобіля на смузі руху. Відхилення від заданих параметрів руху розглядається системою як наступ втоми водія. Залежно від стану водія в системі реалізовано два рівні попередження – «м'який» і «жорсткий». Рівні розрізняються гучністю і тональністю звукового сигналу. Система DAC працює спільно з

системою Lane Departure Warning і базується на її конструктивних елементах. Активація системи відбувається на швидкості 60 км/год.

Контроль погляду для оцінки втоми водія впроваджує компанія General Motors. За основу взята готова технологія *Seeing Machines*, яка застосовується в авіації, залізничному транспорті, кар'єрних самоскидах, комерційному вантажному транспорті. Спеціальний блок контролює ступінь відкриття очей і напрямок погляду водія. При розпізнаванні неуважності, втоми або сонливості водія система попереджає про необхідність зупинки.



Рисунок 10.3 – Система Seeing Machines

Крім контролю втоми водія система може бути використана для активації окремих функцій автомобіля за допомогою спрямованого погляду (подивився – включив). Крім того, якщо при перестроюванні водій не користується дзеркалом заднього виду, система нагадає йому про необхідність даної дії.

## 10.1 Система Алколок (Alcolock)

Вона призначена для блокування автомобіля при алкогольному сп'янінні водія. За своєю суттю ця система є системою активної безпеки автомобіля, так як запобігає виникненню аварійної ситуації.

Система Алколок активно впроваджується в багатьох країнах Євросоюзу, США, Канаді та Австралії. Разом з тим, юридично її застосування закріплено тільки в Фінляндії. Ведеться підготовка відповідних нормативних документів у Франції, Бельгії, Нідерландах, Швеції і Великобританії.

У СНД законодавче запровадження даної системи поки не планується, незважаючи на високу оцінку і схвалення окремих міністрів; а все через те, що автомобіль в країнах СНД так і залишається «статусною річчю», а не необхідним засобом пересування як у США, тобто в СНД він далеко не всім по кишені (а про російських алкоголіків так і говорити взагалі немає чого).



Рисунок 10.4 – Система Алколок (Alcolock)

Застосування системи Alcolock здійснюється за двома

напрямами:

- як превентивна (попереджувальна) міра забезпечення безпеки дорожнього руху;
- як альтернативна міра, а також заміна позбавлення прав у водіїв, затриманих в стані алкогольного сп'яніння.

Стримуючим фактором у використанні даної системи є її досить висока ціна (близько 1,5 тис. €). Система Алколок встановлюється в першу чергу на комерційні вантажні автомобілі і автобуси, а також пропонується в якості опції на деякі моделі легкових автомобілів. Систему можна також придбати і встановити окремо.

Alcolock є технічним пристроєм, який підключається до системи запалювання або запуску двигуна. Перед запуском двигуна водій повинен протягом 5 с подути в мундштук для перевірки повітря що видихається. При вмісті алкоголю вище допустимої норми (не менше 0,1 мг на 1 літр повітря що видихається) відбувається блокування двигуна. Система фіксує будь-які сліди алкоголю в пам'яті пристрою.

Система Алколок об'єднує стаціонарний і виносний блоки. Стаціонарний блок розташовується всередині приладової панелі. З ним з'єднаний виносний блок, який обладнується мундштуком. Визначення вмісту алкоголю в повітрі, що видихається проводиться за допомогою електрохімічного сенсора на основі паливних елементів.

Для виключення обману при тестуванні застосовуються такі конструкторські рішення:

- проведення тесту кілька разів протягом поїздки;
- включення в тест після видиху обов'язкового вдиху;
- проголошення під час тесту спеціальних звуків.

## **10.2 Превентивна система безпеки**

Останнім часом на передній план автомобільних систем безпеки виходять т.зв. превентивні (попереджувальні) системи. Превентивна система безпеки (інше найменування – система попередження зіткнення) покликана уникнути зіткнення, а якщо воно сталося – зменшити тяжкість аварії.

Залежно від конструкції конкретної системи в ній можуть бути реалізовані наступні функції:

- попередження водія про небезпеку зіткнення;
- підготовка гальмівної системи до екстреного гальмування;
- активація окремих пристроїв пасивної безпеки;
- часткове або повне автоматичне гальмування.

Для реалізації даних функцій в превентивних системах безпеки використовуються технології адаптивного круїз-контролю, системи динамічної стабілізації, системи пасивної безпеки.

Таблиця 10.1 – Система Pre-Safe

Умова	Дія
ризик зіткнення (радіолокаційна інформація, екстрене гальмування)	натяг ременів безпеки водія і переднього пасажира
	переклад кута нахилу подушок і спинок передніх і задніх сидінь в оптимальне положення
	підйом задніх підголівників
ризик заносу, бокового удару і перекидання (бічне прискорення)	зміцнення подушок і спинок передніх і задніх сидінь (заповнення повітряних камер і створення валиків)
	закриття бічних стекол на передніх і задніх дверях
	закриття люка на даху

Ряд превентивних систем, що реалізують функцію автоматичного гальмування, носять назву систем екстреного гальмування. Таким чином, превентивна система безпеки це ефективний симбіоз систем активної і пасивної безпеки. В даний час превентивні системи безпеки досить широко поширені і активно впроваджуються на легкові автомобілі. Відомими превентивними системами безпеки є:

- Pre-Sense Front, Pre-Sense Front Plus і Pre-Sense Rear від Audi;
- Pre-Safe і Pre-Safe Brake від Mercedes-Benz;
- Collision Mitigation Braking System, CMBS від Honda;
- City Brake Control від Fiat;
- Collision Warning with Brake Support і Forward Alert від Ford;
- Forward Collision Mitigation, FCM від Mitsubishi;

- Pre-Collision System, PCS від Toyota;
- Front Assist і City Emergency Brake від Volkswagen;
- Collision Warning with Auto Brake і City Safety від Volvo;
- Predictive Emergency Braking System, PEBS від Bosch.

**Система Pre-Safe** від Mercedes-Benz на швидкості понад 30 км/год оцінює характер руху (швидкість, обороти двигуна та ін.) і дії водія (рульове управління, педаль газу, гальмівну систему).

Таблиця 10.2 – Система Pre-Safe Brake

Умова	Дія
виявлення перешкоди (автомобіль, людина) в просторі перед машиною	розрахунок часу ймовірного зіткнення
2,5 с до розрахункового зіткнення	подача трьох звукових сигналів попередження
1,6 с до розрахункового зіткнення	часткове автоматичне гальмування (40% від максимального гальмівного тиску)
	натяг ременів безпеки
водій зреагував і натиснув на педаль гальма	створення максимального гальмівного тиску
водій зреагував і звернув на іншу смугу	зменшення гальмівного тиску
0,6 с до розрахункового зіткнення, водій не реагує на попередження	автоматичне створення максимального гальмівного тиску

Система Pre-Safe завжди включена і не може бути відключена водієм. Ведеться інтенсивна робота над створенням системи Pre-Safe другого покоління, яку планується оснастити:

- бічними панелями кузова що змінюють форму перед аварією;
- сидіннями передніх пасажирів які зрушуються до центру при бічному ударі;
- вертикальної подушкою безпеки між водієм і переднім пасажиром;
- надувними ременями безпеки для задніх пасажирів;
- зовнішньою фрикційною подушкою для здійснення

екстреного гальмування.

**Система Pre-Safe Brake** від Mercedes-Benz для ідентифікації критичної ситуації використовує радар. Вона працює на швидкості 30-200 км/год і сканує ділянку 200 м перед автомобілем. Система Pre-Safe Brake може бути виключена водієм.



Рисунок 10.5 – Система екстреного гальмування

**Система Collision Mitigation Braking System** від Honda за допомогою радара на швидкості понад 15 км/год і відстані до 100 м фіксує рухомі й нерухомі автомобілі (мотоцикли). Робота системи CMBS подібна системі Pre-Safe Brake. Система CMBS примусово вимикається за допомогою спеціальної кнопки.

Таблиця 10.3 – Система Collision Mitigation Braking System

Умова	Дія
3 с до зіткнення з перешкодою	подача звукових і світлових сигналів про небезпеку
2 с до зіткнення, водій не реагує на попередження	три різких ривка на ремень безпеки водія
1с до зіткнення, водій не реагує на попередження	часткове автоматичне гальмування, натяг ременів безпеки
водій зреагував і натиснув на педаль гальма	створення максимального гальмівного тиску

*Система City Safety* від Volvo використовує в своїй роботі лідар. В силу особливостей даного датчика область застосування системи знаходиться на швидкостях до 30 км/год і відстані до 10 м.

Таблиця 10.4 – Система City Safety

<b>Умова</b>	<b>Дія</b>
автомобіль наближається до перешкоди зі швидкістю, яка може призвести до аварії	підготовка гальмівної системи до гальмування (активація насоса на кілька сотих часток секунди, підведення колодок до дисків)
водій не реагує на перешкоду	зменшення величини крутного моменту (за допомогою блоку управління двигуном)
водій не реагує на перешкоду	автоматичне гальмування
водій реагує на перешкоду (рух рульового колеса, педалі гальма)	автоматичне гальмування не активується
водій недостатньо сильно натиснув на педаль гальма	включення в роботу системи ЕВА (Emergency Brake Assist) і створення максимального гальмівного зусилля

На відміну від інших превентивних систем City Safety не попереджає водія про ймовірне зіткнення. Система спрацьовує досить пізно і грубо, щоб водії не поклалися на неї в кожній дорожньої ситуації. Система може бути виключена, але автоматично включається при кожній новій поїзді.

### **10.3 Система комунікації між автомобілями**

Одним з перспективних напрямків підвищення безпеки руху є розробка і впровадження системи комунікації між автомобілями. Система являє собою різновид бездротової мережі (WLAN – Wireless Local Area Network), в якій виділяються два типи вузлів – транспортний засіб (автомобіль, мотоцикл) і об'єкти інфраструктури (світлофор, центр регулювання руху).

Система комунікації між автомобілями є складовою частиною інтелектуальної транспортної системи. Бездротовий доступ до транспортних засобів (WAVE – Wireless Access in Vehicular Environments) організований відповідно до стандарту

IEEE 802.11p. Система зв'язку ближньої дії (DSRC – Dedicated Short Range Communications) реалізується з 2002 року.

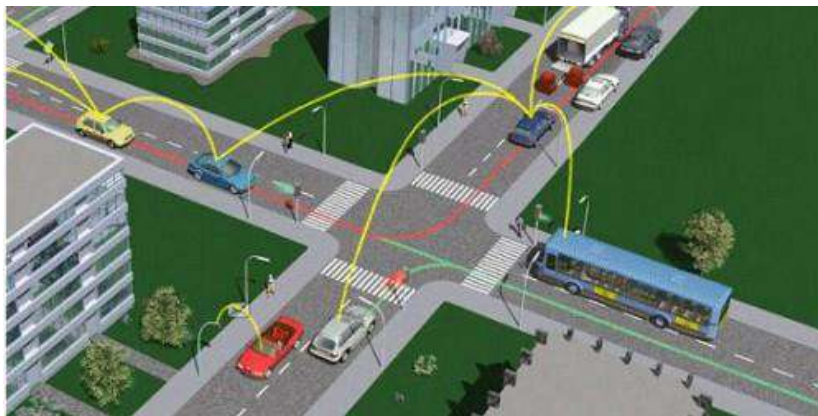


Рисунок 10.6 – Система комунікації між автомобілями

Основні характеристики системи: частота – 5,9 ГГц, радіус дії – до 1000 м, швидкість транспортного засобу – до 100 км/год. За своєю суттю це знайомий нам Wi-Fi для автомобілів.

Система комунікації між автомобілями має кілька усталених назв, в Європі це Car-to-Car (Car2Car, C2C), в США – Vehicle-to-Vehicle (V2V). Зв'язок автомобіля з об'єктами інфраструктури позначається як Car-to-Infrastructure (C2I), Vehicle-to-Roadside (V2R). Але всі ці назви не розкривають суті системи комунікації, тому останнім часом в ходу інша назва – Car-to-X (C2X). Під «X» розуміються транспортні засоби та об'єкти інфраструктури.

В даний час над створенням і удосконаленням системи комунікації між автомобілями працюють різні організації, серед яких державні транспортні установи, навчальні заклади США і Європи, автовиробники (Audi, BMW, Daimler, General Motors, Ford, Honda, Mercedes-Benz, Nissan, Opel, PSA, Toyota, Volkswagen, Volvo), виробники електронних компонентів (Bosch, Continental, Siemens) та інші компанії.

Для консолідації зусиль в роботі, ряд компаній об'єднався в консорціум (Car-to-Car Communication Consortium). Робота над системою комунікації організована в рамках окремих проектів,

наприклад в Німеччині, здійснюється проект Safe Intelligent Mobility – Testfield Germany (SIM-TD).

Для реалізації бездротового з'єднання на автомобіль встановлюється ряд конструктивних елементів – антена, приймач, передавач, блок управління, які можуть бути об'єднані в єдиний WLAN-модуль. В якості модуля може використовуватися звичайний смартфон з відповідним програмним забезпеченням, синхронізований з автомобілем.

Антена в модулі можна встановлювати бездротове з'єднання. Приймач і передавач відповідно приймають і передають інформацію. Основну роботу виконує блок керування. Він обробляє вхідні внутрішні (від автомобіля) і зовнішні (з мережі) сигнали і перетворює їх в керуючі вихідні сигнали, які, в свою чергу, транслюються на автомобільну аудіосистему та інформаційний дисплей. В екстреному випадку система комунікації може впливати на органи управління автомобілем, попереджаючи аварію.

В системі C2C розрізняють кілька способів попередження водія: звуковий сигнал і кольорова смуга на приладовій панелі, що змінює колір залежно від ступеня небезпеки (Ford, Mercedes-Benz), звуковий сигнал і попереджувальний знак на центральній консолі (General Motors, Toyota), приладової панелі (Honda, Hyundai, Nissan, Volkswagen). Деякі виробники на додаток до візуальної та звукової сигналізації, пропонують до використання вібрацію спинки сидіння водія (вібрає та сторона, з якої загрожує небезпека).

Систему комунікації між автомобілями планується використовувати в різних областях, серед яких забезпечення безпеки, управління рухом, здійснення електронних платежів, доступ до глобальних інформаційних ресурсів, здійснення контролю руху, автоматизація руху автомобіля.

Ряд функцій, наприклад, виконання електронних платежів, повністю опрацьовані і широко використовуються в багатьох країнах. Над іншими додатками ще ведеться активна робота.

Забезпечення безпеки руху є основною функцією системи комунікації транспортних засобів. Ідея полягає в тому, що транспортний засіб, який виявив потенційну небезпеку, попереджає про неї інших учасників руху. Небезпека

розпізнається на підставі оцінки руху автомобіля і дій водія. Відповідні датчики визначають різку зміну напрямку руху, швидкість обертання окремих коліс, різке натиснення педалі гальм та ін.

Система комунікації забезпечує безпеку за наступними напрямками:

- допомога при проїзді перехрестя;
- допомога при повороті наліво;
- безпечний роз'їзд із зустрічним автомобілем;
- попередження при виїзді на автомагістраль;
- виявлення перешкод на дорозі;
- інформування про дорожньо-транспортну пригоду;
- попередження про екстрене гальмування;
- попередження тилового зіткнення (електронний стоп-сигнал);
- попередження про зміну смуги руху;
- попередження про погані погодні умови;
- інформування про дорожні знаки;
- оповіщення про наближення мотоциклістів.

Ряд із зазначених додатків вже реалізовані на сучасних автомобілях з допомогою відеокамери і радара, наприклад в системах екстреного гальмування, допомоги при перестроюванні, розпізнавання дорожніх знаків. Але технічні можливості системи Car-to-Car значно ширші, жодна з перерахованих систем не може заглянути за кут.

Система комунікації між автомобілями знаходить широке застосування і в управлінні рухом. Основною метою проведених заходів є попередження заторів, а також адаптація руху до конкретних погодних умов. Основними напрямками бездротового регулювання руху є:

- регулювання швидкості потоку;
- управління світлофорами;
- управління транспортною розв'язкою;
- забезпечення руху машин спеціальних служб;
- забезпечення руху в режимі «зелена хвиля»;
- попередження про затор;
- вибір оптимального маршруту за різними критеріями (час, паливо, плата).

Поряд з керуванням рухом система комунікації між автомобілями дозволяє ще й контролювати цей рух, що обов'язково буде затребуване наглядовими органами (поліцією, службою безпеки). Чи потрібен саме зараз водієві такий «великий брат», який буде стежити за всіма його діями? Однозначної відповіді поки що немає.

Система комунікації може бути використана для отримання різного роду контенту, не пов'язаного безпосередньо з рухом. Бездротовий зв'язок з мережею Інтернет дозволяє проводити пошук інформації, завантаження файлів, відправляти (отримувати) поштові повідомлення, використовувати електронні ігри.

У перспективі система комунікації між автомобілями повинна стати основою системи автоматичного управління автомобілем.

Якщо розробка системи комунікації транспортних засобів здійснюється досить активно, то з впровадженням даної системи є серйозні проблеми. Основна проблема полягає в низькому рівні поширення системи, через порівняно високу ціну WLAN-модуля. Для ефективного використання системи Car-to-Car 10-15 % транспортних засобів повинні бути оснащені бездротовим обладнанням, а до цього поки дуже далеко.

Інша проблема – відносно низька ступінь надійності системи у визначенні небезпеки. Якщо водій не отримує попередження від системи, то це не означає, що попереду немає небезпеки. Навіть якщо всі автомобілі і мотоцикли будуть оснащені системою C2C, залишаються інші учасники руху (велосипедисти, пішоходи), у яких даної системи ніколи не буде.

При активній роботі, система комунікації між автомобілями просто завалить водія різного роду інформацією, з якої далеко не вся потрібна для руху. Це, в кінцевому рахунку, буде постійно відволікати водія від його основного заняття – водіння автомобіля.

Ще одна проблема пов'язана з конфіденційністю інформації в бездротовій мережі. При даному способі зв'язку велика ймовірність перехоплення інформації і використання її в корисних цілях.

#### 10.4 Система гальмування після зіткнення

Дослідження німецького автомобільного клубу ADAC показали, що приблизно четверта частина аварій з легковими автомобілями складається з декількох епізодів. Первинне зіткнення з іншим автомобілем або наїзд на перешкоду, часто призводить до подальшої аварії. Причиною є втрата водієм контролю над автомобілем в момент аварії і як наслідок його некерований рух.

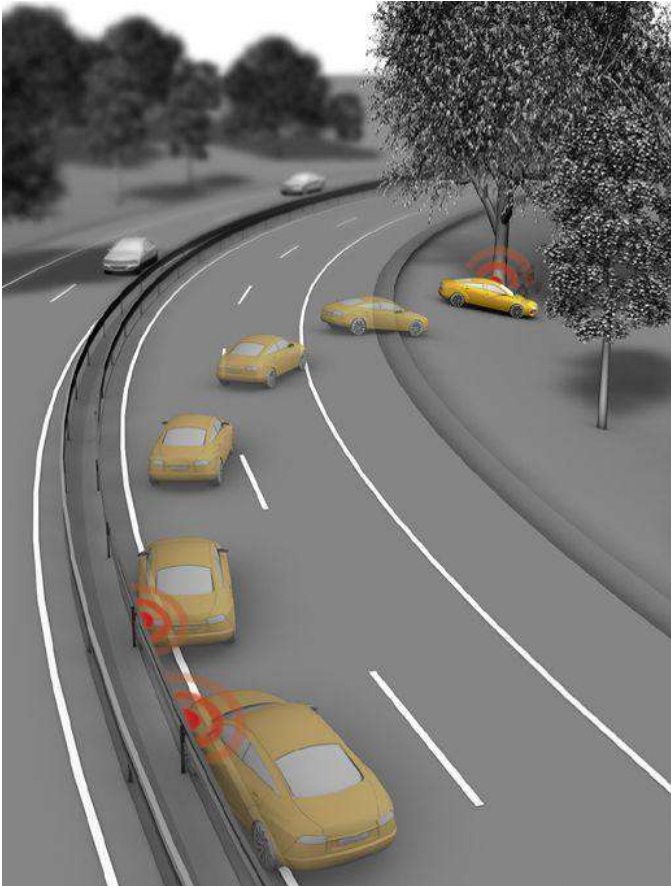


Рисунок 10.7 – Система гальмування після зіткнення відсутня

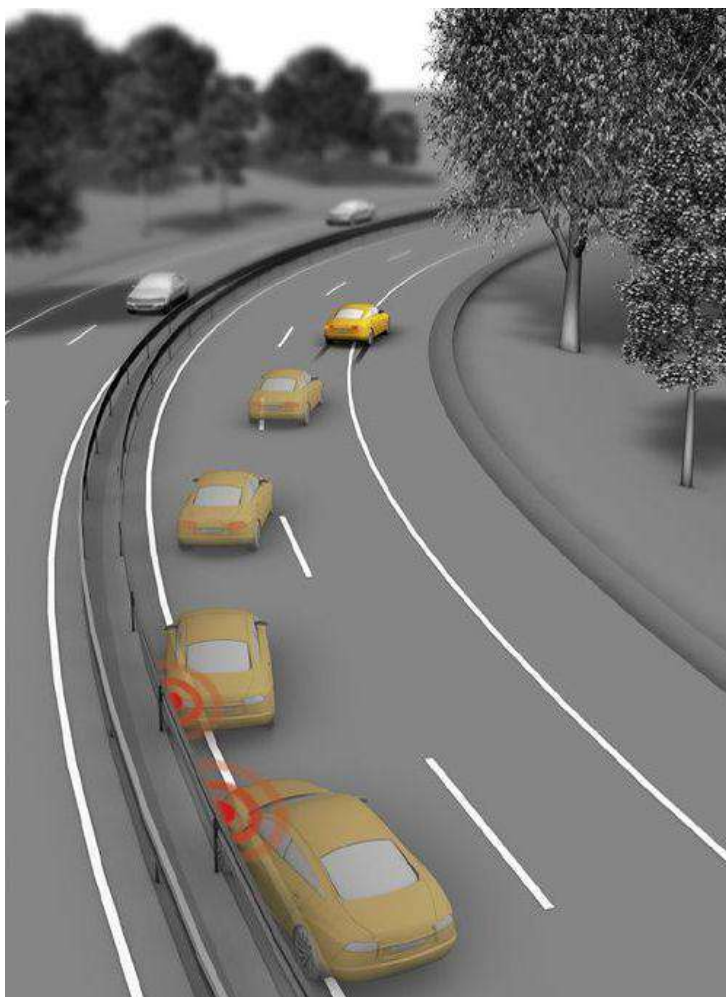


Рисунок 10.8 – Використовується система гальмування після зіткнення

Корпорація Continental представила розробку під назвою Post Crash Braking, яка дозволяє запобігти вторинній аварії або звести до мінімуму її наслідки. Система здійснює автоматичне гальмування автомобіля після зіткнення і, тим самим, запобігає можливу подальшу аварію. За своєю суттю система є різновидом

системи екстреного гальмування. Конструктивно система гальмування після зіткнення базується на елементах двох систем безпеки: системи пасивної безпеки і системи курсової стійкості. На підставі сигналів датчиків удару система визначає, що відбулося зіткнення і передає сигнал по бортовій мережі передачі даних в електронний блок управління системи курсової стійкості.

Система курсової стійкості виробляє стабілізацію руху автомобіля після аварії і, при необхідності, автоматично доводить його до гальмування, чим суттєво знижує ризик подальших зіткнень, травм водія і пасажирів. Важливою особливістю даної системи безпеки є те, що вона поверне контроль над автомобілем водієві, як тільки той почне активно працювати педаллю газу або здійснювати екстрене гальмування.

В даний час система впроваджена на автомобілях концерну Volkswagen і носить свої комерційні назви:

- Multi Collision Brake на автомобілях Volkswagen, SEAT, Skoda;
- Secondary Collision Brake Assist на автомобілях Audi;

### **10.5 Натягувач ременя безпеки**

Сучасні автомобілі оснащуються ременями безпеки з натягувачами (переднатягувачами). Натягувач ременя безпеки призначений для завчасного запобігання переміщення людини вперед (щодо руху автомобіля) при аварії. Це досягається за рахунок змотування і зменшення свободи прилягання ременя безпеки.

Натягувач забезпечує змотування відрізка ременя безпеки довжиною до 130 мм за час 13 мс. Нерідко під натягувачем ременя безпеки помилково розуміють пристрій що втягує ремінь безпеки. Натягувачі, як правило, встановлюються на замку ременя безпеки. Рідше натягувачі встановлюються на втягуючому пристрої ременя безпеки.

За принципом дії розрізняють такі конструкції натягувачів ременів безпеки: тросовий, кульковий, роторний, рейковий, стрічковий.

Зазначені конструкції натягувачів оснащуються механічним або електричним приводом. Привод натягувача являє собою спосіб займання піропатрона. Механічний привод заснований на

займанні піропатрона механічним способом (ударним бойком). Електричний привод передбачає займання піропатрона електричним сигналом від електронного блоку управління (або від окремого датчика).

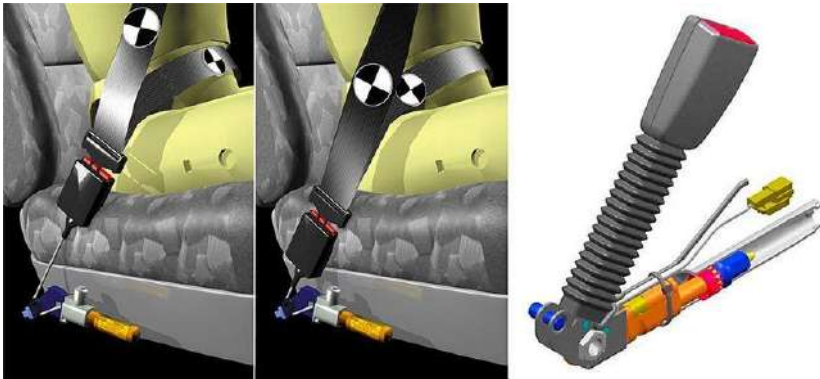


Рисунок 10.9 – Натягувач ремня безпеки

Робота натягувачів ременів безпеки в залежності від конструкції може здійснюватися як в складі системи пасивної безпеки, так і автономно. При аварії, задні датчики удару передають відповідний сигнал в блок управління, який активує піропатрон і пускає в хід натягувачі ременів безпеки.

Для запобігання значних навантажень на пасажирів при аварії, натягувач оснащується обмежувачем зусилля натягу ремня безпеки. Обмежувач при певному навантаженні послаблює дію ремня безпеки на людину. Найпростішим обмежувачем зусилля натягу ремня безпеки є петля, прошита на ремені безпеки. При перевищенні певного зусилля натягу ремня безпеки шви в петлі рвуться, і ремінь стає довшим.

У сучасних конструкціях зусилля натягу ремня безпеки обмежується торсійним валом в котушці ремня безпеки. Залежно від зусилля натягу ремня безпеки торсійний вал скручується, зменшуючи навантаження.

## 10.6 Подушки безпеки

Подушки безпеки автомобіля (загальноприйнята міжнародна назва – airbag) призначені для пом'якшення удару водія і

пасажирів об рульове колесо, елементи кузова і вікна при автомобільній аварії. Вони застосовуються спільно з ременями безпеки. Свою історію подушки безпеки ведуть з моменту опублікування патенту Уолтера Ліндерера в 1953 році.



Рисунок 10.10 – Фронтальні подушки безпеки

### ***Види подушок безпеки.***

Сучасні легкові автомобілі мають кілька подушок безпеки, які розташовуються в різних місцях салону автомобіля. Залежно від місця розташування розрізняють наступні види подушок безпеки: фронтальні, бічні, головні, колінні, центральна подушка безпеки.



Рисунок 10.11 – Бічні подушки безпеки

Вперше ***фронтальні подушки безпеки*** були застосовані на автомобілях Mercedes-Benz в 1981 році. Розрізняють фронтальну подушку безпеки водія і переднього пасажира. Для фронтальної подушки безпеки переднього пасажира передбачається, як правило, можливість відключення. У ряді конструкцій фронтальних подушок використовується двоступеневе і навіть багатоступінчате спрацьовування в залежності від тяжкості аварії (т.зв. адаптивні подушки безпеки). Фронтальна подушка безпеки водія розташовується в рульовому колесі, переднього пасажира – у верхній правій частині передньої панелі.

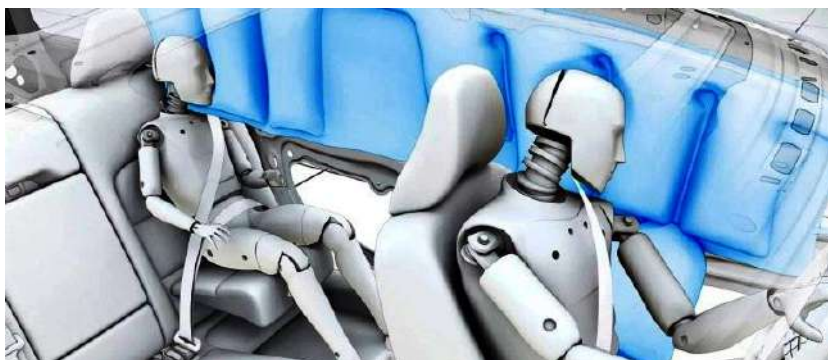
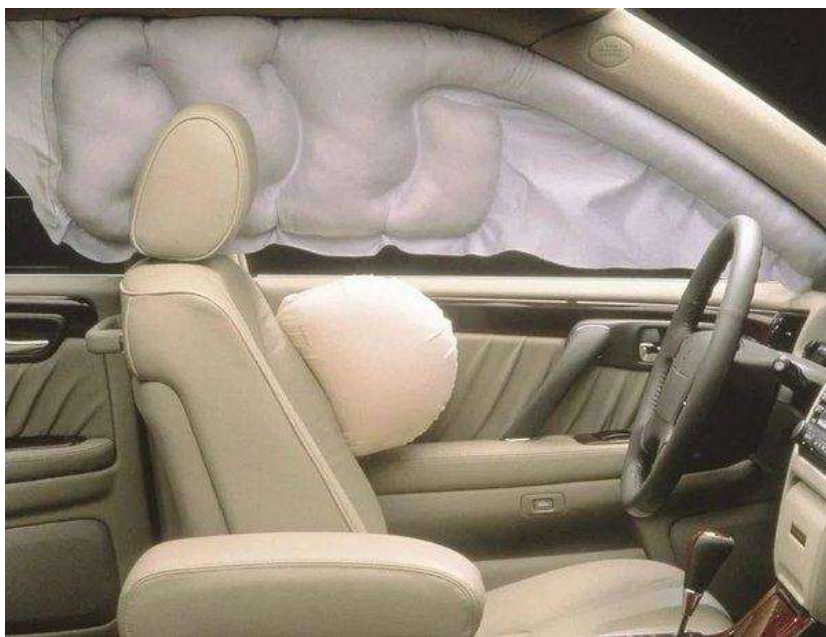


Рисунок 10.12 – Головні подушки безпеки

**Бічні подушки безпеки** покликані знизити ризик травмування таза, грудної клітини та черевної порожнини при аварії. Піонером у застосуванні бічних подушок безпеки є компанія Volvo, яка в 1994 році почала пропонувати їх для установки в якості опції.



Рисунок 10.13 – Колінна подушка безпеки



Рисунок 10.14 – Центральна подушка безпеки

Бічні подушки безпеки встановлюються зазвичай в спинці переднього сидіння. Ряд автомобілів пропонують бічні подушки

безпеки і на задніх сидіннях.

Найбільш просунуті бічні подушки безпеки мають двокамерну конструкцію. Вона включає більш жорстку нижню частину для захисту тазу і м'яку верхню частину – для грудної клітини.

**Головні подушки безпеки** (інше найменування – «шторки» безпеки) служать, як випливає з назви, для захисту голови при бічному зіткненні. Вперше «шторки» безпеки почала встановлювати компанія Toyota в 1998 році. Розташовуються в залежності від моделі автомобіля в передній частині даху, між стійками і в задній частині даху. Подушки захищають пасажирів переднього і заднього рядів сидінь.

**Колінна подушка безпеки** захищає коліна і гомілки водія від травм. Розташовується під рульовим колесом. Вперше застосована на автомобілях Kia в 1996 році. У ряді моделей встановлюється колінна подушка безпеки переднього пасажиря, яка встановлюється під речовим ящиком.

У 2009 році Toyota запропонувала **центральну подушку безпеки**, яка покликана знизити тяжкість вторинних ушкоджень пасажирів при бічному зіткненні. Розташовується в підлокітнику переднього ряду сидінь, центральної частини спинки заднього сидіння. Центральні подушки для переднього і заднього ряду сидінь планує використовувати Mercedes-Benz в своїй системі Pre-Safe другого покоління.

В даний час подушки безпеки виходять за межі салону легкового автомобіля. Компанія Volvo з 2012 року як опцію пропонує на своїх автомобілях подушку безпеки для пішоходів.

#### ***Устрій подушки безпеки.***

Подушка безпеки являє собою еластичну оболонку, що наповнюється газом, газогенератор і систему управління. Сама подушка виготовляється з нейлонової тканини. Для змащення подушки безпеки використовується тальк або крохмаль, які можна спостерігати в повітрі салону при спрацьовуванні подушки.

Газогенератор служить для наповнення оболонки подушки газом. У сукупності оболонка і газогенератор утворюють модуль подушки безпеки. Конструкції газогенераторів розрізняють за формою (куполоподібні і трубчасті), за характером роботи (з

одноступінчастим і двоступінчастим спрацюванням), за способом газотворення (твердопаливні та гібридні).

Твердопаливний газогенератор складається з корпусу, піропатрона і заряду твердого палива. Заряд являє собою суміш азиду натрію (це безбарвна сіль азотисто-водневої кислоти, вона є газотворюючим компонентом у багатьох системах подушок безпеки), нітрату калію і діоксиду кремнію.

Займання палива відбувається від піропатрона і супроводжується утворенням газу азоту. Гібридний газогенератор складається з корпусу, піропатрона, заряду твердого палива і газового заряду під високим тиском (стиснений азот або аргон). Наповнення подушки безпеки відбувається стисненим газом, який звільняється виштовхуючим зарядом з твердого палива.

Система управління подушками безпеки об'єднує традиційні компоненти – датчики удару, блок управління і виконавчий пристрій (піропатрон газогенератора).

#### ***Принцип дії подушок безпеки.***

Активація подушок безпеки відбувається при ударі. Залежно від напрямку удару активуються лише певні подушки безпеки. Якщо сила удару перевищує заданий рівень, датчики удару передають сигнал в блок управління. Після обробки даних всіх датчиків блок управління визначає необхідність і час спрацювання подушок безпеки і інших компонентів системи пасивної безпеки.

Залежно від типу і ступеня тяжкості аварії можуть спрацювати, наприклад, тільки натягувачі ременів безпеки або натягувачі ременів безпеки разом з подушками безпеки. Блок управління подає електричний сигнал для включення газогенераторів відповідних подушок безпеки. Час спрацювання подушки безпеки становить близько 40 мс. Газогенератор забезпечує розкриття і надування газом подушки. Після зіткнення з людиною подушка розривається і здувається.

Подушки безпеки є одноразовими пристроями. У разі загоряння автомобіля (підвищення температури в салоні до 150-200°C), всі подушки безпеки автоматично спрацювають.

#### ***Умови спрацювання.***

Фронтальні подушки спрацювають в наступних умовах:

- перевищення сили лобового удару заданої величини;
- наїзд на твердий міцний предмет (бордюр, край тротуару, стінка ями);
- жорстке приземлення після стрибка;
- падіння автомобіля;
- косий удар в передню частину автомобіля.

Фронтальні подушки безпеки не спрацьовують при ударі автомобіля ззаду, бічному ударі, перекиданні автомобіля.

Умовою спрацьовування бічних і головних подушок безпеки є перевищення сили бокового удару заданої величини.

Алгоритми спрацьовування подушок безпеки постійно удосконалюються і стають все складнішими. Сучасні алгоритми враховують швидкість руху транспортного засобу, швидкість його уповільнення, вагу пасажира і місце його розташування, використання ременя безпеки, а також наявність дитячого крісла.

### 10.7 Активні підголівники

У пасивних системах безпеки шийного відділу хребта забезпечується за рахунок конструкції сидіння і підголівника. Підголівник призначений для зниження ймовірності травмування шийного відділу хребта при аварії. Розрізняють активні і пасивні підголівники.

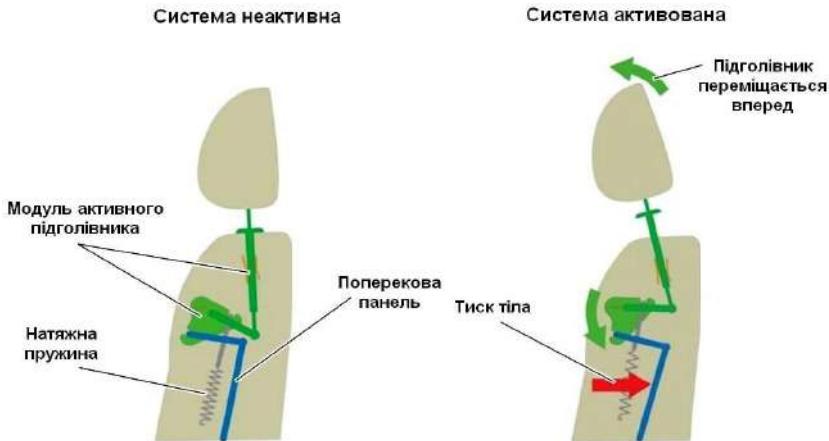


Рисунок 10.15 – Активні підголівники

Активний підголівник при аварії наближається до голови, тим самим зменшується ймовірність травмування шийного відділу хребта. Конструкція активного підголівника може мати наступні види приводу: механічний або електричний.

Механічний привід більш простий. При аварії інерційний рух людини в сидінні автомобіля передається через важільний механізм до підголівника, який переміщається до голови. Як тільки тиск на спинку сидіння знижується, пружина повертає підголівник в початкове положення.

Реалізація електричного приводу активного підголівника передбачає наявність електронної системи управління. До складу системи управління входять датчики удару, блок управління і власне механізм приводу. Основу механізму становить піропатрон з електричним запалюванням.

Датчики удару встановлюються в задній частині автомобіля. Сигнали від датчиків приймає загальний блок управління елементами пасивної безпеки. Залежно від сили і напрямку удару він регулює роботу приводу.

## 10.8 Аварійний розмикач акумуляторної батареї

Аварійний розмикач призначений для запобігання короткого замикання в електричній системі і можливого загоряння автомобіля.

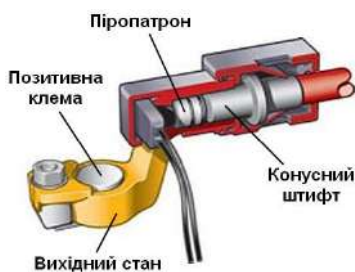


Рисунок 10.16 – Аварійний розмикач акумуляторної батареї

Аварійним розмикачем акумуляторної батареї оснащуються автомобілі, у яких акумуляторна батарея встановлена в салоні або багажному відділенні. Розрізняють конструкції аварійного розмикача у вигляді піропатрона відключення акумуляторної батареї або реле відключення акумуляторної батареї.

Піропатрон відключення встановлюється на позитивній клемі акумуляторної батареї.

Піропатрон спрацьовує по команді блоку управління системи пасивної безпеки. Розмикання проводиться за рахунок газів, що виникають при спрацьовуванні піропатрона. Реле відключення

спрацьовує також по команді блоку управління. Активованій при аварії піропатрон або реле підлягають заміні.

### 10.9 Система захисту пішоходів

Система захисту пішоходів призначена для зменшення наслідків зіткнення пішохода з автомобілем при дорожньо-транспортній пригоді. Система виробляється компаніями TRW Hodings Automotive (Pedestrian Protection System, PPS), Bosch (Electronic Pedestrian Protection, EPP), Siemens і з 2011 року встановлюється на серійні легкові автомобілі європейських виробників. Перераховані системи мають аналогічний конструкцію.



Рисунок 10.17 – Схема системи захисту пішоходів

Як будь-яка електронна система, система захисту пішоходів включає наступні конструктивні елементи: вхідні датчики, блок керування і виконавчі пристрої. В якості вхідних датчиків використовуються датчики прискорення (Remote Acceleration Sensor, RAS). 2-3 таких датчика встановлюються в передньому бампері.



Рисунок 10.18 – Виконавчі пристрої активного капота

Додатково може встановлюватися контактний датчик. Система може працювати як з власним електронним блоком управління, так і з блоком управління системи пасивної безпеки. Кращим є використання блоку управління системи пасивної безпеки, що реалізується за допомогою інтегрованого програмного забезпечення. Цим досягається підвищення ефективності всієї системи пасивної безпеки. Виконавчими пристроями системи захисту пішоходів виступають підйомники капота, що встановлюються з двох сторін капота паралельно руху. Підйомники мають піротехнічний або пружинно-піротехнічний привод.



Рисунок 10.19 – Активний капот системи захисту пішоходів

Принцип роботи системи захисту пішоходів заснований на відкритті капота при зіткненні автомобіля з пішоходом, чим досягається збільшення простору між капотом і частинами двигуна і відповідно зменшення травмування людини. По суті, піднятий капот виступає в якості подушки безпеки.

При зіткненні автомобіля з пішоходом датчики прискорення і контактний датчик передають сигнали в електронний блок керування. Блок управління відповідно до закладеної програми при необхідності ініціює спрацювання піропатронів підйомників капота.

Крім представленої системи на автомобілях для захисту пішоходів використовуються наступні конструктивні рішення, що знижують травматизм при зіткненні: «м'який» капот, безкаркасні щити, м'який бампер, похилий нахил капота і вітрового скла, збільшена відстань між двигуном і капотом.

Подальшим розвитком систем захисту пішоходів є подушка безпеки для пішоходів.

#### **10.10 Подушка безпеки для пішоходів**

Подальшим розвитком системи захисту пішоходів є подушка безпеки для пішоходів (Pedestrian Airbag System), яка була представлена компанією Volvo ще в 2012 році. Система призначена для зниження ступеня пошкодження пішохода при зіткненні з автомобілем.

Подушка безпеки надувається зовні автомобіля і закриває нижню частину лобового скла і бічні стійки. Пішохідна подушка безпеки працює в тандемі з іншою системою від Volvo – системою виявлення пішоходів (Pedestrian Detection).

Подушка безпеки для пішоходів діє на швидкості від 20 до 50 км/год і не може бути відключена водієм. За статистикою більшість (75 %) дорожньо-транспортних пригод за участю пішоходів відбувається на швидкості до 40 км/год.

Подушка безпеки для пішоходів складається з наступних конструктивних елементів: датчиків зіткнення, блоку управління (модуль захисту пішохода), механізмів звільнення шарніра капота і власне подушки безпеки. В системі пішохідної подушки безпеки використовується сім датчиків зіткнення (датчиків прискорення), які встановлюються в передньому бампері автомобіля.



Рисунок 10.20 – Активний капот з подушкою захисту пішоходів

Сигнали від датчиків зіткнення постійно надходять в модуль захисту пішохода. У разі зіткнення з пішоходом, блок управління визначає ступінь тяжкості зіткнення і при необхідності активує виконавчі пристрої системи – механізми звільнення шарніра капота і подушку безпеки.

До кожного з двох шарнірів капота кріпиться механізм звільнення, що має піротехнічний привод. Механізм звільнення капота включає твердопаливний газогенератор, що спрацьовує від піропатрона. Газогенератор рухає поршень, який в свою чергу вибиває стрижень шарніра капота і звільняє кріплення капота з боку лобового скла.

Подушка безпеки для пішоходів розташовується під капотом, між ним і лобовим склом. Подушка безпеки традиційно складається з тканинної оболонки і газогенератора. Для миттєвого заповнення пристрою використовується балонний газогенератор. При спрацьовуванні подушка безпеки піднімає звільнений від кріплення капот на 10 см, чим створюються додаткові умови для захисту пішоходів – збільшується відстань між капотом і частинами.

У сукупності подушка безпеки і піднятий капот забезпечують істотне зниження травматизму при зіткненні пішохода з автомобілем.

## 10.11 Система захисту при з'їзді з дороги

Половина дорожньо-транспортних пригод, пов'язаних зі з'їздом автомобіля з дороги, призводить до найтяжчих наслідків для водія і пасажирів. Як показує статистика, причинами з'їзду з дороги є втрата уваги, втома водія, а також погані погодні умови.

В рамках стратегії, спрямованої на створення до 2025 року абсолютно безпечного автомобіля, компанія Volvo серйозно займається проблемою з'їзду автомобіля з дороги. На серійних автомобілях вже впроваджені системи активної безпеки, що допомагають запобігти з'їзду з дороги, серед яких система допомоги руху по смузі (Lane Departure Warning System), система контролю втоми водія (Driver Alert Control).



Рисунок 10.21 – Наслідки з'їзду автомобіля з дороги

У 2014 році на автомобілі Volvo XC90 вперше запропонована система пасивної безпеки, що дозволяє значно знизити наслідки з'їзду автомобіля з дороги для людини. Система захисту при з'їзді з дороги (Run Off Road Protection) в залежності від ситуації передбачає ряд послідовних дій:

- розпізнавання з'їзду з дороги;
- натяг ременів безпеки;
- спрацьовування елементів захисту хребта;
- активація подушок безпеки;
- процедура відключення педалі гальма.

Розпізнавання з'їзду автомобіля з дороги здійснюється за допомогою спеціальних датчиків. Що це за датчики, компанія-виробник поки не розповідає, тому нам залишається тільки здогадуватися або чекати офіційного оголошення.

Якщо факт з'їзду з дороги встановлено, система активує електроприводи натягувачів ременів безпеки, які переміщують ремінь з великою швидкістю (100 мм за 0,1 с). Натяг ременя безпеки забезпечує максимальне притиснення тіла до сидіння, що в свою чергу знижує вплив від удару. Електронатягувач ременя безпеки працює до повної зупинки автомобіля.

З'їзд з дороги, як правило, супроводжується стрибком з жорстким приземленням автомобіля. Виникаючі при цьому вертикальні сили призводять до пошкодження хребта людини. Для захисту хребта в конструкції сидіння автомобіля між подушкою і рамкою сидіння встановлені спеціальні демпферні елементи, що згладжують вертикальні удари.

При зіткненні автомобіля з перешкодою (складки місцевості, дерева, малі штучні споруди) відбувається спрацьовування подушок безпеки. На заключній стадії з'їзду автомобіля з дороги від'єднується педаль гальма, що не дозволяє скористатися гальмівною системою, і, тим самим, запобігти перекиданню.

## **10.12 Система екстреного виклику**

Система екстреного виклику служить для автоматичного оповіщення аварійних служб про дорожньо-транспортну пригоду і своєчасного надання медичної допомоги пасажиром автомобіля. Використання системи екстреного виклику дозволяє значно скоротити рівень травматизму при дорожньо-транспортних пригодах.

Відомими системами екстреного виклику є:

- Assist Advanced eCall від BMW;
- Connect SOS від Peugeot;
- Localized Emergency Call від Citroen;

- SYNC Emergency Assistance від Ford.



Рисунок 10.22 – Система екстреного виклику у BMW

Система Assist Advanced eCall розпізнає тяжкість дорожньо-транспортної пригоди за показаннями датчиків систем активної і пасивної безпеки. Після чого вона сканує всі доступні GSM-мережі і вибирає канал для передачі SMS-повідомлення про аварію. Система автоматично зв'язується з центром екстрених викликів BMW і надає докладну інформацію про ДТП:

- точне місце розташування;
- швидкість автомобіля;
- швидкість уповільнення автомобіля;
- кількість пасажирів;
- становище автомобіля (наявність перекидання);
- кількість подушок безпеки які спрацювали;
- кількість натягувачів ременів безпеки які спрацювали.

За отриманими даними прогнозується тяжкість травм пасажирів, терміновість і обсяг надання медичної допомоги. Відразу після події, система встановлює безпосередній голосовий зв'язок між людьми в автомобілі і фахівцями колл-центру. Уточнюється характер аварії та стан пасажирів. Аварійні служби викликаються на підставі узагальнених даних. Якщо пасажир без свідомості і не відповідають на запити, виклик аварійних служб проводиться на підставі переданих системою даних.

До місця аварії висуваються спеціалізовані автомобілі. При необхідності може використовуватися вертоліт. Паралельно вибирається найближча лікувальна установа, що відповідає типу і тяжкості отриманих травм. Виклик аварійних служб можна зробити вручну з салону автомобіля, наприклад для того, щоб попередити про подію з іншими учасниками руху.

Аналогічним чином працюють системи від Peugeot і Citroen.

На відміну від систем екстреного виклику, що використовують зв'язок з центром конкретного автовиробника за передплатою, система SYNC Emergency Assistance автоматично зв'язується безпосередньо з державною аварійною службою і при цьому абсолютно безкоштовно. Зв'язок здійснюється по мобільному телефону водія, підключеного до мультимедійної системи SYNC по Bluetooth.

Російські автомобілі планується оснащувати системою екстреного виклику на основі супутникової навігаційної системи ГЛОНАСС, що дозволяє викликати ГІБДД і службу швидкої допомоги при аварії. Конструктивно система інтегрована з навігаційною системою.

### **10.13 Система порятунку з затонулого автомобіля**

Велика кількість аварій пов'язана з попаданням автомобіля в різні водойми – річки, озера, канали. Десятки аварій

завершуються загибеллю водія і пасажирів в результаті утоплення. Люди не можуть відкрити вікна, двері і своєчасно вивільнитися з автомобіля. Час в таких аваріях є важливим фактором порятунку.



Рисунок 10.23 – Затоплені легкові автомобілі

Найбільш завбачливі водії возять в своєму автомобілі маленький молоток, який розташовують в доступному місці. Невеличкі молоточки деколи можна побачити і в громадському транспорті, на стійках вікон (поки автобус, або тролейбус ще зовсім новий і «свідомі» громадяни ще не прихопили цей молоточок «собі на згадку»).

Невеличким молотком завжди можна скористатися при затопленні автомобіля (або навіть проти зловмисника). Але стекла сучасних автомобілів стають все міцнішими, розбити їх складніше, тому легкий молоток проблему вже не вирішує, ну а кувалду з собою возити ніхто не стане.

Тому голландські інженери розробили просту і надійну систему Rescue and Escape Guidance System (REGS), яка дозволяє водієві і пасажирам вибратися з затонулого автомобіля. Система порятунку побудована на руйнуванні бічних стекол при попаданні автомобіля в воду, чим досягається швидке і безперешкодне звільнення.



Рисунок 10.24 – Система REGS порятунку з затонулого автомобіля

Система REGS включає кілька датчиків тиску, розташованих в бічних дверях автомобіля. Кожен з датчиків взаємодіє з т.зв. активатором, який забезпечує руйнування бокового скла. Активатор кріпиться до нижнього торця скла. Конструктивно він об'єднує піропатрон і металевий ударник.

При попаданні автомобіля в воду датчик миттєво відгукується на підвищення тиску і генерує сигнал, що надходить в активатор. За сигналом спрацьовує піропатрон, який впливає на ударник. Ударник, в свою чергу, з великою силою б'є по торцю скла. Від удару в склі виникає безліч тріщин по всій поверхні. Тепер, щоб розбити скло і вивільнитися з автомобіля, потрібне мінімальне зусилля.

Додатково до розробленої системи бічні стекла можуть оснащуватися світловими смугами по краях. Світло ініціюється при контакті автомобіля з водою від датчика тиску. Цей пристрій сприяє орієнтації людей, що знаходяться в темряві або каламутній воді.

В даний час система Rescue and Escape Guidance System тестується в Нідерландах на декількох автомобілях Volvo. У перспективі саме компанія Volvo планує встановлювати цю систему на свої автомобілі.

## 10.14 Система захисту дверей від пошкодження

Компанія Ford представила систему захисту дверей від пошкодження Door Edge Protector. Система встановлюється в якості опції на автомобілі Ford Focus 3 з 2012 року.



Рисунок 10.25 – Система Door Edge Protector

Система Door Edge Protector призначена для запобігання пошкодження дверей (вм'ятини, подряпини), які можуть виникнути при їх відкритті в умовах обмеженого простору (тісне паркувальне місце, вузька вулиця, гараж). Система автоматично спрацьовує і захищає як сам автомобіль, так і транспортний засіб що стоїть поруч.

Система захисту дверей від пошкодження має просту, але ефективну конструкцію, яка за даними виробника включає всього 18 елементів і 8 рухомих частин.

Основу конструкції становить відкидна планка, яка встановлюється на внутрішній стороні кожної двері. При відкритті дверей планка висувається в робоче положення і охоплює найвіддаленіший виступ краю двері. Це зводить до

мінімуму наслідки від зіткнення з перешкодою. Захисна планка виготовляється зі спеціальної гумової суміші, що витримує багаторазове використання, низькі температури і створює мінімум шуму. При зносі або пошкодженні планка може бути замінена. Роботу системи захисту дверей від пошкодження забезпечує спеціальний привід. Висування захисної планки в робоче положення створює відкидна пружина.

Повернення протектора в вихідну позицію здійснюється за допомогою гнучкого троса (подібний трос використовується в механічному приводі зчеплення). Трос розташовується в обшивці дверей. У торці двері встановлений кінцевий вимикач. При натисканні на вимикач (закриття дверей) гнучкий трос втягує захисну планку, при звільненні вимикача (відкриття дверей) спрацьовує відкидна пружина.

Система Door Edge Protector активується при відкритті дверей на кут більше  $18^\circ$ , що відповідає відкриттю передніх дверей на 325 мм, задніх – на 300 мм. Час повернення захисної планки в початкове положення займає всього 0,06 с.

### **Питання для самоперевірки**

1. Дайте визначення того, що називається активною і пасивною безпекою?
2. В яких напрямках ведеться робота зі створення систем з контролю стану водія?
3. Яке призначення системи контролю втоми водія?
4. Як визначається настання втоми у водія?
5. Які параметри людини контролюють біометричні датчики системи контролю втоми водія?
6. Назвіть біометричні датчики що використовуються у системі оцінки навантаження водія.
7. Поясніть особливості технології Seeing Machines.
8. Для чого призначена система Алколок (Alcolock)?
9. Які варіанти застосування системи Алколок (Alcolock)?
10. Що таке превентивна система безпеки?
11. Розкажіть алгоритм роботи системи Pre-Safe від Mercedes-Benz.
12. Розкажіть алгоритм роботи системи Collision Mitigation Braking System від Honda.

13. Що являє собою система комунікації між автомобілями?
14. За якими напрямками забезпечує безпеку система комунікації?
15. Назвіть основні напрямки бездротового регулювання руху.
16. Які недоліки та невирішені проблеми є зараз в системі комунікації між автомобілями?

## 11 ПРОТИУГІННІ СИСТЕМИ

Протиугінні системи призначені для зниження ймовірності та запобігання викраденню автомобіля, а також його пошуку в разі викрадення. Системи захисту від угону підрозділяються на механічні та електронні протиугінні системи.

Механічні протиугінні системи являють собою механічні замикаючі пристрої – блокіратори. Розрізняють такі засоби механічного захисту від угону: замок на коробку передач, замок капота, замок на рульовий вал, блокіратор коліс та інші. Різновидом механічних протиугінних систем є електромеханічні блокіратори.

Найпоширенішим типом протиугінних систем є електронні протиугінні системи. До електронних засобів захисту від угону відносяться автомобільна сигналізація, іммобілайзер, супутникові протиугінні системи.

Автосигналізація служить для оповіщення автовласника про спробу проникнути в автомобіль або заподіянні йому шкоди. Типова сигналізація захищає капот, багажник, салон автомобіля від проникнення, а також двигун від несанкціонованого запуску.

Основне призначення автомобільної сигналізації – оповістити власника і оточуючих про спробу викрадення за допомогою сирени і світлових сигналів. Пейджер сигналізації також подає звуковий сигнал тривоги. Сирена буває з живленням від бортової мережі автомобіля або з автономним живленням, з окремою батареєю, яка буде продовжувати працювати навіть якщо зняти клема з штатного акумулятора.

Однак сирена і світлова сигналізація – це лише сигнал, і захисту від безпосереднього викрадення вона не забезпечує. Більш серйозна перешкода для викрадача – це іммобілайзер.

Іммобілайзер являє собою електронний пристрій, що блокує систему управління автомобілем. Як правило, він разом з сигналізацією складає єдиний протиугінний комплекс. Ще більш ефективно можна захистити автомобіль, якщо до цього комплексу додати механічний протиугінний пристрій.

Супутникові протиугінні системи призначені для стеження за автомобілем за допомогою супутників і його пошуку в разі викрадення. Дані системи засновані на роботі системи

глобального позиціонування (GPS).

Одним із дієвих способів запобігання викраденню є маркування деталей автомобіля шляхом нанесення спеціальних міток які складно видалити. Інформація на мітках дозволяє ідентифікувати автомобіль.

Для підвищення ефективності механічні та електронні протиугінні засоби використовуються сумісно, утворюючи т.зв. комплексні протиугінні системи (протиугінні комплекси).

### **11.1 Механічні протиугінні пристрої**

Існує безліч електронних охоронних і протиугінних пристроїв, але застосування будь-якого з них не може повністю гарантувати збереження транспортного засобу. Їх завдання полягає в тому, щоб максимально ускладнити роботу викрадача і знизити ймовірність викрадення автомобіля.

**Механічні протиугінні пристрої (блокіратори)** – це пристосування, що перешкоджають несанкціонованому проникненню в автомобіль, а також його руху і управлінню шляхом блокування відповідних вузлів (дверей, капота, рульового механізму, коробки передач і т.д.). Блокіратори можуть бути або самостійними механізмами, або частиною охоронних комплексів. Конструкція пристрою проти викрадення повинна виключати його мимовільне спрацювання і створення аварійної ситуації.

Більшість механічних пристроїв включає в себе блокуючий (силовий) і замикаючий механізми. За технологією установки блокіратори діляться на стаціонарні і знімні. Протиугінна надійність знімних пристроїв дуже низька, тому ми їх не розглядаємо.

**За конструкцією блокіратори діляться на:**

- адаптовані – спроектовані з урахуванням особливостей вузлів певних моделей автомобілів;
- універсальні – призначені для різних марок і моделей автомобілів.

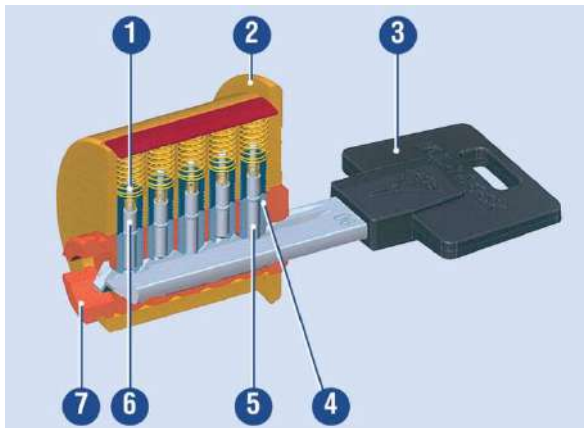
Захисні властивості універсальних блокіраторів не можна розглядати окремо від конкретної моделі автомобіля. Блокіратор, що забезпечує надійний захист одних моделей, для інших може виявитися практично марним через їхні конструктивні

особливості.

Правильна установка і використання механічних блокіраторів дозволяють максимально реалізувати їхні споживчі якості. Процес установки, як правило, пов'язаний зі складними слюсарними і монтажними операціями. При цьому зазвичай застосовують спеціальне одноразове «зривне» кріплення, головка якого відламується після остаточної затяжки.

### ***Властивості блокіраторів.***

Основні властивості механічних пристроїв проти викрадення – це протиугінна надійність, безпека і зручність користування (ергономіка). Протиугінна надійність блокіраторів визначається секретністю запірного механізму (криптостійкістю), механічною міцністю пристрою в цілому та іншими захисними властивостями конструкції.



- 1 – телескопічний внутрішній пін тіла циліндра;  
2 – тіло циліндра; 3 – ключ; 4 – зовнішній телескопічний пін плаги; 5 – внутрішній телескопічний пін плаги;  
6 – зовнішній телескопічний пін тіла циліндра; 7 – плаг

Рисунок 11.1 – Циліндровий замок з телескопічними пінами

Криптостійкість замикаючого механізму характеризує можливість відмикання пристрою проти викрадення шляхом підбору ключа, за допомогою різних відмичок або ударним

способом з використанням ключа-болванки (бампінг-ключа).

Запірний механізм блокіраторів, як правило, виконується у вигляді звичайного циліндричного (англійського) замку. Ключ пилкоподібної форми вставляється у відповідний отвір лічинки (плага). Плаг виконаний у вигляді втулки, розташованої в отворі циліндра, і при її обертанні замок відмикається.

Для виключення такої можливості в циліндрі і плазі, виконані канали (шахти), в кожен з яких, вставлені по два пружних штифта (піна). Один з них є кодовим, інший блокуючим. Вони приймають положення, яке не перешкоджає відмиканню, тільки при застосуванні відповідного ключа. Неруйнующе відкриття таких замків здійснюється шляхом примусової установки пінів в положення, яке не перешкоджає повороту плага при відсутності «штатного» ключа.

Для підвищення криптостійкості в циліндрових замках блокіраторів стали широко використовувати телескопічні піни. Замість одинарних пінів в шахтах циліндра і плага замку, застосували подвійні, так звані «пін в піні». Ця концептуальна розробка фірми Mul-T-Lock дозволила різко збільшити рівень захищеності замикаючих механізмів. Сучасні замки можуть мати до кількох мільйонів варіантів виконання ключа.

Механічна міцність блокіратора визначається стійкістю до руйнування при грубому фізичному впливі і залежить від властивостей застосовуваних в його конструкції матеріалів і масивності деталей.

Захисні властивості конструкції визначаються:

- наявністю елементів, що протистоять силовому повертанню або висвердлюванню механізму секрету, вибиванню стопора та іншим способам кримінального впливу;
- здатністю пристрою надійно блокувати вузол автомобіля, тобто виключити його введення в дію навіть нештатним способом (наприклад, від'єднанням або відпилюванням заблокованого важеля коробки швидкостей, що дозволяє включати передачі при впливі безпосередньо на тяги перемикачів);
- неможливістю демонтажу замкненого пристрою проти викрадення.

### ***Основні види блокіраторів.***

Механічні протиугінні пристрої можна розділити за функціональними ознаками на три категорії:

- ті що перешкоджають проникненню в автомобіль,
- ті що перешкоджають його пересуванню (в тому числі буксирування);
- ті що блокують механізми управління автомобілем.

Пристрої, що перешкоджають проникненню в автомобіль, призначені не тільки для захисту салону автомобіля, але і для моторного відсіку. Викрадач прагне проникнути під капот, щоб знешкодити розташовану там сирену, а також відновити блокування двигуна. У більшості автомобілів під капотом знаходиться діагностичний роз'єм, підключившись до якого можна зняти з охорони штатну автосигналізацію.



Рисунок 11.2 – Блокіратори дверей автомобіля

Блокіратори дверей в основі конструкції мають штирі, що проходять через торець дверей і стійку кузова, наприклад, як у звичайних електромеханічних блокіраторів дверей. Є також пристрої, що блокують механізм штатного замка (останні частіше є адаптованими до певних моделей автомобілів).

Блокіратори забезпечені електромагнітним приводом і можуть взаємодіяти з електронними охоронними пристроями. З міркувань безпеки (для безперешкодного виходу з автомобіля в разі ДТП) блокування дверей здійснюється тільки при

вимкненому запаленні. Блокіратори капота можуть бути виконані у вигляді як додаткового замка, так і блокуючого штатний. Зазвичай запірний механізм таких пристроїв приводиться в дію за допомогою жорсткого троса, що переміщається в міцній гнучкій оболонці. Для забезпечення нормальної роботи замку оболонка повинна встановлюватися з мінімальними перегинами.



Рисунок 11.3 – Блокіратори капота автомобіля

Існують блокіратори капота з електромеханічним управлінням. Перевага таких замків – їх скритність, так як в салон автомобіля не виводиться ніяких механічних частин замку, доступних для зламу, а виходять лише дрого управління (найчастіше управління електромеханічним замком капота походить від іммобілайзера за допомогою цифрових команд, що виключають їх підбір). Деякі конструкції такого типу мають вбудований електричний пристрій, розмикати при блокуванні капота одну з електроланок двигуна. Згідно з вимогами пожежної безпеки обов'язкове дублювання електроприводу потайним аварійним тросом.

Є також механізми, що встановлюються в розрив штатного приводу (троса) замку капота, що мають електромагнітне або механічне управління. У закритому стані такі конструкції імітують несправність замка або обрив приводу.

Пристрої, які заважають руху автомобіля, блокують трансмісію.



Рисунок 11.4 – Штирковий адаптований  
блокіратор коробки передач



а – блокіратор для автомобіля Suzuki з механічною коробкою  
(замикає тягу вибору передач); б – блокіратор для автомобіля  
Skoda Octavia з механічною коробкою  
(замикає важіль перемикання передач)

Рисунок 11.5 – Безштирковий адаптований  
блокіратор коробки передач

Блокіратор карданного валу призначений для використання на задньо- і повноприводних автомобілях. Замикаючий механізм розташовується в салоні автомобіля, а силовий елемент – під днищем. Блокіратор в замкненому стані перешкоджає обертанню карданного валу.

Як правило, є адаптованим до певних моделей автомобілів. Пристрої, які заважають керувати автомобілем, блокують перемикання передач або обертання рульового колеса.

Блокіратори механізму перемикання передач блокують механізм управління коробкою передач:

- для механічних коробок передач, включених в положення заднього ходу;
- для автоматичних коробок передач, включених в положення «parking».

Такі пристрої по конструкції можуть бути штирьовими або безштирьовими, а за призначенням – як універсальними, так і адаптованими для конкретних моделей автомобілів.

Вони встановлюються всередині салону або під днищем автомобіля (в останньому випадку максимально ускладнюється перемикання передач позаштатними способами, тобто без допомоги важеля перемикання передач). У загальному випадку блокіратори коробок передач не виключають можливості буксирування автомобіля з вимкненим зчепленням (за винятком автомобілів з автоматичними коробками, де в положенні «parking» трансмісія виявляється заблокованою).



Рисунок 11.6 – Автоматичні блокіратори рульового вала

Автоматичні блокіратори рульового вала штатно встановлюються на більшість сучасних автомобілів. Такі механізми поєднуються з замком запалювання і блокують

рульовий вал при вийманні ключа із замка. На деяких автомобілях силові елементи (ригелі), що входять в проріз рульового вала і блокують його, а також корпусу замків, мають невисоку міцність і в замкнутому положенні можуть зруйнуватися при різкому повороті керма.



а – безштирьовий адаптований; б – штирьовий (від різних виробників)

Рисунок 11.7 – Неавтоматичні блокіратори рульового вала



Рисунок 11.8 – Муфта механічного блокіратора рульового вала

Вдосконалені варіанти замків з посиленням ригелем, корпусом і запірним механізмом адаптуються до конструктивних особливостей автомобілів. Механічні блокіратори рульового вала бувають штирьовими або безштирьовими, універсальними або адаптованими. Однак будь-які конструкції мають муфту, що складається з двох частин і скріплюється на рульовому валу гвинтами.

Вал, як правило, має круглий перетин, тому муфта тримається тільки за рахунок сили тертя. Це викликає необхідність дотримуватися необхідного моменту затягування кріпильних гвинтів. Є конструкції, в яких додаткові пристрої створюють умови оптимального блокування і кріпляться зривним кріпленням.

При виборі механічного пристрою проти викрадення насамперед слід враховувати конструктивні особливості автомобіля, протитугінну надійність і зручність використання блокіратора.

Конструкція моделі блокіратора коробки передач багато в чому залежить від конструкції автомобіля. Якщо важіль перемикачів передач розташований безпосередньо на коробці передач, то найбільш надійним способом захисту буде установка блокіратора на капот або рульовий вал, а не на саму коробку. На позашляховиках для виключення буксирування доцільно блокувати також роздавальну коробку (блокування здійснюється замками, аналогічними замкам коробки передач).

Вибір типу блокіратора капота залежить від розташування штатного замка: іноді до нього можна дістатися, демонтувавши або пошкодивши декоративне облицювання радіатора. В цьому випадку краще встановити додатковий замок капота, а для штатного встановити захист, що виключає прямий доступ до нього.

Блокування штатного замка має сенс, якщо конструкція автомобіля виключає легкий доступ до нього. Маскування будь-якого пристрою проти викрадення не може однозначно вважатися його перевагою або недоліком. Прихованість блокіратора створює для викрадача додаткові труднощі, що може стати причиною його відмови від спроби викрадення. Доступне огляду розташування блокіратора дозволяє викрадачеві заздалегідь

підготуватися до злому, проте може переключити його увагу на менш захищений автомобіль.

Як показує практика, економічно виправданою є установка протиугінного комплексу, вартість якого становить 5-10 % від вартості автомобіля. Зазвичай механічні протиугінні пристрої не потребують будь-якого особливого обслуговування. Виняток становлять додаткові замки капота і дверей ряду виробників, що вимагають регулювання і змащення. Замикаючі механізми пристроїв проти викрадення повинні триматися в чистоті. Попадання бруду в серцевину замка може викликати її заклинювання і вихід блокіратора з ладу.

Багато невдалих спроб викрадення автомобілів закінчуються аварійним заклинюванням механізму проти викрадення. На цей випадок при встановленні блокіратора слід уточнити способи транспортування автомобіля до місця ремонту або демонтажу несправного пристрою. Тому слід віддавати перевагу тим маркам блокіраторів, які забезпечуються розвинутою мережею технічної підтримки, гарантійного та післягарантійного обслуговування.

## **11.2 Імобілайзер**

Імобілайзер (повсякденна назва – іммо) – різновид протиугінної системи, що перешкоджає несанкціонованому запуску двигуна з використанням саморобного ключа або без ключа. Імобілайзери діляться на дві великі групи – штатні та додаткові.

Штатний імобілайзер встановлюється при виробництві автомобіля. За допомогою спеціального програмного забезпечення штатний імобілайзер обмежує доступ до блоку управління двигуном. У ряді країн Європи штатний імобілайзер є обов'язковим вже з 1998 року. На автомобіль може бути встановлений додатковий (нештатний) імобілайзер. Даний протиугінний пристрій забезпечує фізичне блокування важливих електричних ланцюгів двигуна (система запалювання, паливний насос, стартер) за допомогою реле.

### ***Штатний імобілайзер.***

В якості штатного імобілайзера найбільшого поширення набули бездротові (транспондерні) імобілайзери. Конструкція бездротового імобілайзера включає чіп-ключ запалювання,

антену і блок управління. З усіх перерахованих елементів бездротовим є чіп-ключ запалювання, який представляє собою мітку радіочастотної ідентифікації RFID (Radio Frequency Identification). Мітка, як правило, встановлюється в голівці фізичного ключа запалювання.



Рисунок 11.9 – Чіп-ключ запалювання BMW

Конструктивно мітка являє собою мікросхему (чіп), що виконує роль електронного ключа. Інша назва мітки – транспондер (дослівно з англійської радіовідповідач). Термін «транспондер» відображає принцип роботи мітки – спрацьовування по радіосигналу і живлення енергією від цього сигналу.

Антену забезпечує радіообмін чіп-ключа і блоку управління іммобілайзера. У іммобілайзері використовується кілька видів антен. Найпоширеніша кільцева антена розташовується навколо замку запалювання. В сучасних іммобілайзерів дистанційної дії використовується кілька антен.

Електронний блок управління іммобілайзера генерує сигнали для транспондера, приймає сигнали від антени, перетворює сигнали в управлінський вплив на блок керування двигуном. Сучасні моделі іммобілайзерів зазвичай не мають окремого блоку управління, а його функції реалізовані в інших блоках управління, що значно підвищує захищеність системи. Зв'язок блоку іммобілайзера з блоком управління двигуном здійснюється через інтерфейс (шину).

Алгоритм управління іммобілайзером здійснюється за допомогою паролів. Розрізняють декілька типів паролів: ідентифікаційний пароль (ID code), змінний пароль (rolling code), зашифрований пароль (crypto code).

У найпростіших моделях штатних іммобілайзерів мітка є носієм індивідуального числа – ідентифікаційного пароля. При включенні запалювання блок управління іммобілайзера активізує (живить) транспондер, який в свою чергу генерує сигнал у вигляді ідентифікаційного коду.

Пароль вловлюється антеною в замку запалювання і передається в блок керування іммобілайзером. Процесор блоку управління порівнює пароль що прийшов, з раніше зареєстрованим паролем. Якщо коди ідентичні, відбувається запуск двигуна. Якщо коди не співпали, блок управління іммобілайзера забороняє старт двигуна.

Наступним поколінням штатних іммобілайзерів є системи з змінним паролем. При включенні запалювання блок управління активізує транспондер, який відправляє наявний в пам'яті пароль. До паролю додається ідентифікаційний код мітки. Пароль вловлюється антеною і передається в блок керування іммобілайзера. У блоці пароль порівнюється з оригінальним паролем і в разі їх збігу робиться запуск двигуна.

Як тільки передача пароля транспондером відбулася, блок управління іммобілайзером генерує новий пароль, який передається в транспондер. Пам'ять транспондера зі старим паролем замінюється новим паролем. Таким чином, транспондер готовий до наступного запуску двигуна. Перебір паролів здійснюється довільним чином з набору можливих, реалізується т.зв. псевдовипадкова послідовність.

Більш досконалою (захищеною) є система управління іммобілайзером, що використовує шифрування паролів. Транспондер тут має вбудовану функцію шифрування і називається крипто-транспондер.

При включенні запалювання блок управління іммобілайзера генерує для транспондера повідомлення, що представляє собою псевдовипадкове слово. Це слово обробляється за допомогою ключа шифрування, наявного в пам'яті транспондера. Після перетворення виходить т.зв. цифровий підпис, який і

відправляється транспондером. Відповідно до закладеного алгоритму вихідне повідомлення транспондера кожен раз виглядає по новому – «плаває». Тому система отримала назву іммобілайзер з плаваючим кодом.

Паралельно транспондеру блок управління іммобілайзера проводить аналогічні перетворення і отримує зразковий цифровий підпис. Після цього відбувається порівнювання зразкового цифрового підпису з отриманим від транспондера повідомленням. По суті, відбувається порівняння ключів шифрування транспондера і блоку управління без їх фактичного пред'явлення (появи в радіофері). Безпека системи при цьому значно зростає.

Шифрування паролів дозволило використовувати транспондер дистанційно, наприклад, при відкритті дверей автомобіля. Для забезпечення працездатності такий транспондер має власне джерело живлення, що дозволяє використовувати ключ в радіусі декількох десятків метрів.

Подальшим розвитком дистанційного керування іммобілайзером, з'явилася система інтелектуального доступу і запуску без ключа. У такій системі автомобіль відкривається при наближенні власника, а запускається простим натисканням кнопки на панелі приладів. В даний час системою Keyless опціонально обладнуються навіть бюджетні автомобілі.

#### ***Додатковий іммобілайзер.***

Виробники електронних компонентів пропонують до установки безліч моделей додаткових іммобілайзерів. Додатковий іммобілайзер застосовується при відсутності на автомобілі штатного іммобілайзера, а також (добровільно або на вимогу страхової компанії) для додаткового захисту транспортного засобу.

Незважаючи на загальну назву, принцип роботи додаткового іммобілайзера відрізняється від штатного іммобілайзера. Додатковий іммобілайзер не втручається в систему управління двигуном, а перериває кілька електричних ланцюгів електроустаткування автомобіля. Обов'язково блокується низьковольтний ланцюг системи запалювання і ланцюг живлення паливного насоса. Інші блокування використовуються в залежності від моделі іммобілайзера.

Безпосереднє блокування електричних ланцюгів здійснює аналогове або цифрове реле. Цифрове реле є кращим, тому що забезпечує кращий захист від злому (за рахунок динамічного сигналу). Інші елементи (блок управління, транспондер), а також алгоритми управління аналогічні штатному іммобілайзеру. Транспондер (мітка) додаткового іммобілайзера виконується, як правило, окремо від фізичного ключа запалювання.

Різновидом додаткового іммобілайзера є система Алколок (Alcolock), яка блокує запуск двигуна при алкогольному сп'янінні водія.

### 11.3 Автомобільна сигналізація

Автомобільна сигналізація є електронною протиугінною системою, в якій реалізовано, як правило, кілька функцій, пов'язаних з охороною, захистом і сервісом транспортного засобу. Багатофункціональні сигналізації називаються охоронним комплексом.

Охоронні функції сигналізації служать для попередження крадіжки автомобіля і майна в ньому. Залежно від комплектації сигналізації охоронні функції включають:

- попередження проникнення в салон (підкапотний простір, багажник) автомобіля;
- перешкоджання евакуації автомобіля, зняття з нього коліс;
- повідомлення про фізичний вплив на кузов (стекла, колеса) автомобіля.

Охорона автомобіля забезпечується включенням звукових (сирена) і світлових (зовнішнє освітлення) сигналів, що має в основному психологічний вплив – покликати відлякати зловмисників і привернути увагу оточуючих.

**Захист автомобіля** передбачає блокування двигуна в певних умовах (використання «нерідного» ключа запалювання при запуску, розбійне захоплення транспортного засобу).

Пристрій, який реалізує цю функцію, називається іммобілайзер. На автомобілях іммобілайзер може використовуватися як самостійно, так і в складі автомобільної сигналізації.



Рисунок 11.10 – Набір для встановлення сучасної автомобільної сигналізації

У конструкції автосигналізації реалізується безліч *сервісних функцій*, серед яких:

- дистанційний (автоматичний) запуск двигуна;
- охорона автомобіля з працюючим двигуном;
- автоматичне закриття вікон;
- дистанційне керування електрообладнанням;
- автоматична постановка на охорону;
- управління сигналізацією по мобільному телефону;
- оповіщення про стан автомобіля по мобільному телефону.

Всі автомобільні сигналізації можна розділити на дві великі групи – штатні (встановлюються заводом-виробником автомобіля) і позаштатні (встановлюються додатково після покупки автомобіля). В штатній сигналізації реалізовані, як правило, тільки охоронні функції. Сигналізації, встановлювані додатково, відрізняються великою різноманітністю конструкцій і функцій, що реалізуються.

### ***Устрій автосигналізації.***

Як будь-яка електронна система, автомобільна сигналізація складається з трьох конструктивних блоків: блоку управління, вхідних і виконавчих пристроїв.

До вхідних пристроїв відносяться пульт дистанційного керування і вхідні датчики. Пульт дистанційного керування виконаний у вигляді брелока. В штатній сигналізації він поєднаний з фізичним ключем запалювання. Брелоків, як правило, два – основний і резервний. За допомогою брелока здійснюється постановка і зняття сигналізації з охорони, а також контроль стану автомобіля. У ряді конструкцій сигналізації за допомогою брелока здійснюється дистанційний запуск двигуна, управління електрообладнанням, пошук автомобіля на стоянці. Зв'язок між сигналізацією і брелоком здійснюється по радіоканалу. Для захисту інформації від перехоплення робиться її кодування.

Розрізняють статичне і динамічне кодування. Статичне кодування в даний час не використовується. Динамічне кодування має високий ступінь захисту від перехоплення, тому що передані пакети інформації ніколи не повторюються (алгоритм кодування побудований на генераторі випадкових чисел).

Різновидом динамічного кодування є діалогове кодування, яке реалізується з двостороннім каналом зв'язку (приймач-передавач в брелоку і модулі). Сигналізація, що реалізує діалогове кодування, називається сигналізацією з двостороннім зв'язком.

Вхідні датчики забезпечують виконання охоронних функцій сигналізації. Вони фіксують зміну різних фізичних параметрів і перетворюють їх в електричні сигнали.

У конструкції автомобільної сигналізації використовуються такі основні датчики: датчик удару, контактний датчик, датчик нахилу, датчик об'єму. У ряді конструкцій можна зустріти і інші датчики – датчик руху, датчик розбитого скла, датчик обриву електроживлення, датчик падіння напруги та ін.

***Датчик удару*** (shock sensor) перетворює механічні коливання кузова автомобіля в електричний сигнал. Являє собою п'єзопластину, що починають коливатися при ударі. Якщо

величина коливань перевищить певний рівень, спрацьовує звуковий і світловий сигнали.

Основною проблемою датчика удару є високий рівень помилкових спрацьовувань, які відбуваються через зовнішні впливи (вітер, гроза, транспорт який проїжджав, тощо). З огляду на зазначеної проблеми штатні сигналізації не мають датчика удару. Для вирішення проблеми передбачено регулювання чутливості датчика, ряд конструкцій датчиків мають дворівневий поріг спрацьовування.

Для охорони дверей, кришки капота, багажника від несанкціонованого відкриття (т.зв. охорона периметра) використовуються різні **контактні датчики**: кнопкові вимикачі, кінцеві вимикачі, мікроперемикачі та ін.

**Датчик нахилу**, як випливає з назви, визначає нахил автомобіля, викликаний його буксируванням або піддомкрачуванням. Як датчик нахилу використовується датчик прискорення (акселерометр). Налаштування датчика дозволяє пристрою не реагувати на природну зміну положення кузова (зниження тиску в шинах, просадка ґрунту, розгойдування від вітру).

**Датчик об'єму** фіксує будь-яке переміщення в салоні автомобіля. У ролі датчика об'єму використовуються різні сенсорні пристрої, серед яких найбільш затребувані ультразвукові та мікрохвильові датчики.

**Ультразвуковий датчик** має ультразвуковий випромінювач і приймач. При закритих дверях і вікнах ультразвукові хвилі, відбиваючись від поверхонь салону, створюють постійну хвильову картину, яка аналізується приймачем. При проникненні об'єкта в салон характер відображених хвиль змінюється, що призводить до спрацьовування сигналізації.

В роботі **мікрохвильового датчика** використовуються радіохвилі сантиметрового діапазону. На відміну від ультразвукового датчика мікрохвильовий датчик є двозонним пристроєм. Крім виявлення руху всередині салону автомобіля він фіксує і переміщення поблизу нього.

Електронний блок управління обробляє вхідні сигнали датчиків, брелока і відповідно до закладеного алгоритму роботи формує керуючі впливи на виконавчі пристрої. Штатна

сигналізація зазвичай не має власного блоку управління, а використовує потужності блоків інших систем, наприклад, центрального замка.

Власних виконавчих пристроїв автомобільна сигналізація має всього два – сирену і світлодіодний індикатор роботи. Якщо до складу сигналізації входить іммобілайзер, то до виконавчих пристроїв додається реле блокування. З іншими виконавчими пристроями автосигналізація взаємодіє через відповідні системи: система освітлення, система запуску, центральний замок, електросклопідйомники.

*Сирена*, яка використовується в автосигналізації, буває активна (автономна) і пасивна. Автономна сирена має вбудований акумулятор, що при знеструмленні автомобіля дозволяє зберегти працездатність системи.

Найбільш «просунуті» автосигналізації обладнуються охоронно-пошуковим модулем, що забезпечує управління сигналізацією і контроль стану автомобіля по стільниковому (GSM) каналу зв'язку.

У модуль може входити ще й GPS-приймач, який дозволяє обчислювати місцеположення автомобіля і передавати дані про нього на мобільний телефон власника. Такі системи мають власну назву – *супутникові протиугінні системи*.

#### **11.4 Центральний замок**

Система центрального блокування замків автомобіля має усталену назву – *центральний замок*. Центральний замок призначений для одночасного замикання або відмикання всіх дверей автомобіля, а також кришки люка паливного бака. Дана система відноситься до допоміжних систем автомобіля, т.зв. системам комфорту.

Реалізація функції блокування дверей може здійснюватися шляхом централізованого та децентралізованого управління. Централізоване управління передбачає наявність єдиного електронного блоку управління на всі двері.

Зростання числа функцій, підконтрольних систем комфорту, зажадало децентралізації управління. При децентралізованому управлінні, крім центрального блоку управління, в кожних дверях встановлюється свій електронний блок управління.



Рисунок 11.11 – Центральний замок

Найбільшого поширення на сучасних автомобілях отримала децентралізована система управління функціями комфорту. У зв'язку з вищевикладеним, устрій і принцип роботи центрального замка розглянуті в контексті систем комфорту.

***Устрій центрального замка.***

Центральний замок об'єднує входні датчики, блок управління і виконавчі пристрої – актюатори. В якості входних датчиків в системі використовуються кінцеві вимикачі дверей і мікроперемикачі в конструкції замку. Кінцевий вимикач фіксує поточний стан дверей автомобіля, відповідно до якого передає сигнал в блок управління. Мікроперемикачі фіксують поточний стан конструктивних елементів замка дверей.

Два мікроперемикача фіксують положення кулачка замку. Кулачковий механізм встановлюється тільки на передні двері. Поверхня кулачка має спеціальний профіль.

Один мікроперемикач при спрацьовуванні формує сигнал «Блокувати» (Lock), інший – «Розблокувати» (Unlock). Інші два мікроперемикача фіксують положення центрального запірною пристрою замку. При спрацьовуванні вони формують сигнали про поточний стан замку – «Заблоковано» (Locked) або «Розблоковано» (Unlocked).

Ще один мікроперемикач фіксує положення важеля

механізму в приводі замка, за яким він визначає поточний стан дверей. При відкритті дверей контакти перемикача замикаються, а система центрального замка не може бути активована.

Сигнали від перемикачів приймає електронний блок управління і передає їх на центральний блок управління. Центральний блок направляє відповідні сигнали в блоки управління дверей і формує керуючі впливи на виконавчі пристрої замків задніх дверей (кришки багажника) і замок кришки люка паливного бака.

Блоки управління дверей на підставі отриманих сигналів активують виконавчі пристрої замків дверей. Виконавчий пристрій замка дверей (інше найменування – актюатор) представляє собою електродвигун постійного струму, об'єднаний з найпростішим редуктором. За допомогою редуктора, обертання електродвигуна перетворюється в зворотно-поступальний рух циліндра замка.

Поряд з електричним приводом в конструкції виконавчих пристроїв може застосовуватися пневматичний привод. Такий вид приводу мали ряд моделей автомобілів Volkswagen і Mercedes. Пневматичний привод в даний час не використовується.

Більшість систем центрального замка мають дистанційне керування. Для цього в ручці ключа запалювання вбудований радіопередавач (пульт дистанційного керування). Приймальна антена знаходиться в центральному блоці управління. Дистанційне керування центральним замком здійснюється на відстані близько 10 м.

### ***Принцип роботи центрального замка.***

Робота системи центрального замка проводиться як при включеному, так і при вимкненому запаленні автомобіля. При замиканні вхідних дверей ключем, з поворотом ключа в замку спрацьовує мікроперемикач, який відповідає за блокування.

Сигнал від перемикача подається на блок управління дверей і далі на центральний блок управління. Центральний блок формує керуючі сигнали на всі блоки управління дверей та електродвигуни актюаторів задніх дверей і кришки паливного бака. Спрацьовування всіх виконавчих механізмів забезпечує блокування дверей автомобіля.

Сигнал від мікроперемикача в центральному запірному пристрої запобігає повторному спрацьовуванню електричного приводу. Зняття з блокування всіх дверей проводиться аналогічним чином.

Дистанційне блокування дверей здійснюється при натисканні відповідної кнопки на ключі запалювання. При цьому сигнал надходить на приймальну антену центрального блоку управління. Після його обробки, блок управління передає сигнали в блоки управління дверей та виконавчі механізми задніх дверей і кришки паливного бака.

Спрацьовування всіх виконавчих механізмів забезпечує блокування дверей автомобіля. При дистанційному блокуванні відбувається активація автомобільної сигналізації. Блокування дверей також може супроводжуватися автоматичним підйомом стекол автомобіля.

При дорожньо-транспортній пригоді заблоковані двері автоматично відкриваються. Сигнал від блоку управління системою пасивної безпеки передається в центральний блок управління, який в свою чергу забезпечує спрацьовування виконавчих пристроїв і відкриття дверей.

### **11.5 Система інтелектуального доступу в автомобіль**

Система інтелектуального доступу в автомобіль (інші назви – система доступу без ключа, розумний ключ, інтелектуальний ключ) – це сучасна електронна система комфорту, яка ідентифікує власника автомобіля за кодом відповіді ключа і забезпечує автоматичне розблокування дверей при торканні ручки і запуск двигуна при натисканні спеціальної кнопки. При цьому електронний ключ може залишатися в кишені.

Вперше система доступу без ключа була використана на автомобілях Mercedes-Benz в 1998 році. В даний час система інтелектуального доступу пропонується в стандартній комплектації або в якості опції на автомобілях різних класів.

У різних виробників система має свою унікальну назву, наприклад:

- Advanced Key від Audi;
- Comfort Access від BMW;
- Keyless Entry (KESY) від Volkswagen, Volvo та ін.;

- Advanced Keyless & Start System від Mazda;
- Keyless Go від Mercedes-Benz;
- FastKey від Mitsubishi;
- Intelligent Key від Nissan;
- Hands Free KeyCard від Renault;
- Smart Key System від Toyota.



Рисунок 11.12 – Система інтелектуального доступу в автомобіль

Конструктивно система інтелектуального доступу включає транспондер, антени, датчики дотику, кнопку запуску двигуна і електронний блок керування.

**Транспондер** здійснює безпосередню ідентифікацію власника автомобіля. Він являє собою мікросхему з антеною, які можуть встановлюватися в корпусі фізичного ключа автомобіля (ключа з металевим лезом) або виконуватися у вигляді окремої пластикової карти. Кращим є об'єднання транспондера з фізичним ключем.

**Антени** забезпечують радіозв'язок автомобіля з електронним ключем. Для повного охоплення сигналу в радіусі до 1,5 м по периметру автомобіля в ручках дверей встановлюються 2-4 зовнішніх антени. Крім цього, встановлюються 1-2 внутрішніх антени.

**Датчики торкання** встановлюються в зовнішніх ручках дверей. Вони розпізнають доторк до ручки дверей за рахунок зміни ємності.

**Кнопка запуску двигуна** (кнопка «Start») встановлюється на

місце традиційного замка запалювання або інше місце на панелі приладів. У деяких системах замість кнопки використовується перемикач.

Електронний блок керування забезпечує реалізацію функцій інтелектуального доступу в автомобіль і запуску двигуна без ключа. У роботі блок взаємодіє з блоками керування центрального замка і системи керування двигуном.

***Робота системи інтелектуального доступу*** має три етапи:

- відмикання автомобіля без ключа;
- санкціонований доступ і пуск двигуна без ключа;
- замикання автомобіля без ключа.

У деяких системах реалізований тільки санкціонований доступ і пуск двигуна без ключа (без відмикання і замикання).

При торканні водієм ручки дверей, індуктивний датчик спрацьовує і передає інформацію в блок керування. Блок в свою чергу через зовнішню антену на стороні датчика що спрацював, передає сигнал на електронний ключ (транспондер), який розпізнає своє становище щодо автомобіля.

В даному випадку ключ знаходиться поза автомобілем. На підставі даного рішення передається відповідний сигнал на антену центрального замка і системи запобігання викраденню. Сигналізація вимикається, а центральний замок розблокує потрібні двері. Водій відчиняє двері і розміщується в автомобілі.

Пуск двигуна здійснюється натисканням відповідної кнопки. Сигнал від кнопки надходить на блок керування системи і далі через внутрішні антени на електронний ключ.

Ключ розпізнає своє становище всередині автомобіля і передає сигнал на антену центрального замка і системи запобігання викраденню. При цьому відбувається відключення протиугінних блокувань, розблоковується рульова колонка.

Далі блок керування системи виробляє запит до блоку керування двигуном на предмет готовності до запуску. При позитивній відповіді здійснюється автоматичний пуск двигуна.

При покиданні автомобіля водієм блокування дверей і активізація системи запобігання викраденню може проводитися різними способами в залежності від виду системи: натисканням кнопки на дверній ручці, дотиком до дверної ручки або просто при виході з автомобіля.

У деяких «просунутих» системах за допомогою інтелектуального ключа виробляються різні настройки систем автомобіля. При відкритті автомобіля встановлюється задане положення водійського сидіння, рульового колеса, зовнішнього дзеркала заднього виду, температурний режим системи клімат-контролю, проводиться настройка каналів радіоприймача.

Далі за всіх в додаткових настройках за допомогою електронного ключа пішов Ford, який в системі MyKey реалізував контроль за швидкісним режимом і рівнем гучності радіоприймача, що дозволяє дистанційно контролювати поведінку дітей за кермом автомобіля.

На базі системи інтелектуального доступу в автомобіль побудована інша новомодна система автоматичного відкривання багажника.

## 11.6 Електросклопідійомники

Електричним склопідійомником (електросклопідійомники) називається пристрій для підйому бокового скла, обладнаний електричним приводом.



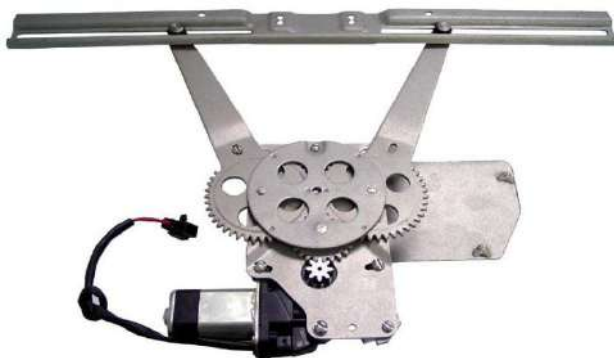
Рисунок 11.13 – Кнопки керування електросклопідійомниками автомобіля Toyota Highlander (2020)

Електросклопідійомники відносяться до систем комфорту, тому що забезпечують додаткові зручності водієві і пасажирам при підйомі (опусканні) стекол бічних дверей. В даний час

електросклопідйомники майже повністю витіснили механічних побратимів, які використовують ручний привод. Електричний склопідйомник встановлюється всередині корпусу двері, безпосередньо на самому корпусі або на окремому підрамнику. Електросклопідйомник складається з приводного механізму, механізму підйому і системи керування.



Рисуюнок 11.14 – Тросовий склопідйомник



Рисуюнок 11.15 – Важільний склопідйомник

**Приводний механізм** (мотор-редуктор) об'єднує електричний двигун, черв'ячну передачу і зубчасту передачу, виконані у вигляді єдиного блоку. Він служить для створення зусилля, необхідного для переміщення скла. Застосування в механізмі черв'ячної передачі забезпечує захист від несанкціонованого відкриття вікна.

У черв'ячному редукторі передача обертання здійснюється тільки в одному напрямку – від черв'яка до колеса. При спробі обертання в протилежному напрямку відбувається блокування передачі.



Рисунок 11.16 – Рейковий склопідійомник

**Механізм підйому** виробляє безпосереднє переміщення скла. Залежно від конструкції механізмів підйому розрізняють наступні види склопідійомників: тросовий, важільний і рейковий. У конструкції сучасних автомобілів найбільш затребувані тросовий і важільний механізми підйому.

**Тросовий склопідійомник** являє собою гнучкий елемент (трос, зубчастий ремінь, ланцюг), натягнутий між декількома роликами всередині двері. Рух гнучкого елемента передається через приводний барабан. При обертанні барабана одна гілка гнучкого елемента намотується, інша змотується, а сам елемент отримує поступальний рух.

Гнучкий елемент з'єднується зі склом за допомогою пластини.

**Важільний склопідійомник** об'єднує важіль, повзун, встановлений на кінці важеля, і пластину кріплення скла. Механізм підйому може мати один або два важеля (для забезпечення рівномірності переміщення). Обертання від приводного механізму передається на колесо з сектором, що знаходиться в зачепленні з важелем і забезпечує його рух. Деякі двохважельні конструкції мають два колеса.

**Рейковий механізм підйому** складається з нерухомої зубчастої рейки і спрямовуючої пластини, з'єднаної зі склом. На пластині також розміщений приводний механізм, шестерня якого знаходиться в зачепленні з зубчастою рейкою і забезпечує

переміщення скла.

Переміщення скла в заданому напрямку забезпечують напрямні: жолоби в рамках двері, спеціальні рейки в корпусі двері.

Електричні склопідіймники можуть мати безпосереднє або електронне керування.

**Безпосереднє керування** електросклопідіймниками здійснюється за допомогою трипозиційного перемикача, включеного в ланцюг живлення електродвигуна. При переміщенні перемикача в першу позицію двигун обертається в одну сторону, при переміщенні в другу позицію відбувається зміна полярності і відповідно зміна напрямку обертання двигуна. З огляду на травмонебезпечність даний вид склопідіймача має дуже обмежене застосування.

**Електронне керування** склопідіймниками має більш складну конструкцію, що включає вхідні пристрої, електронний блок керування і виконавчий пристрій.

До вхідних пристроїв відносяться перемикач режимів роботи, а також датчики положення скла. В електронній системі керування застосовуються також трипозиційні перемикачі. На водійських дверях (панелі керування, центральній консолі) встановлюється блок перемикачів, за допомогою якого можна управляти склопідіймниками всіх дверей. Там же може встановлюватися вимикач блокування склопідіймників дверей.

В якості датчиків положення скла можуть використовуватися датчики Холла. Датчики встановлюються на черв'ячному колесі. В результаті роботи датчиків зміна магнітного потоку, що виникає при обертанні черв'ячного колеса, перетворюється в імпульси напруги на виході датчика. Електронний блок керування враховує:

- кількість імпульсів при визначенні величини підйому (опускання) скла;
- тривалість імпульсів при включенні блокування руху скла;
- зсув імпульсів від двох датчиків при встановленні напрямку руху.

Кожен склопідіймник має, як правило, свій електронний блок керування. Блок керування перетворює сигнали вхідних

пристроїв в керуючий вплив на виконавчий пристрій – електродвигун постійного струму. Всі блоки пов'язані між собою через центральний блок керування системами комфорту.

Електронне керування забезпечує значне розширення функціональних можливостей електросклопідйомників. Крім традиційних функцій підйому-опускання стекол, в роботі склопідйомників можуть бути реалізовані наступні функції:

- автоматичне відкривання (закривання) вікна;
- блокування включення перемикачів;
- можливість роботи після зупинки двигуна;
- реверсування руху при зустрічі перешкоди при закриванні вікна;
- зовнішнє керування склопідйомниками;
- автоматичне опускання скла при відкриванні безрамної двері.

Функція автоматичного відкривання і закривання вікон заснована на тривалості натискання перемикача. Короткочасне натискання на перемикач ініціює підйом (опускання) скла, тривале натискання – автоматичне закривання (відкривання) вікна.

Для забезпечення безпеки під час перевезення дітей передбачено блокування електросклопідйомників задніх дверей з водійського місця.

У програмі електросклопідйомників закладена можливість роботи після зупинки двигуна і виключення запалення, що дозволяє закривати вікна, не запускаючи двигун повторно. Тривалість робочого стану склопідйомників після зупинки двигуна може коливатися в залежності від конструкції від декількох секунд до декількох хвилин.

Важливою функцією, з точки зору безпеки, є реверсування руху скла при зустрічі перешкоди на підйомі. Ця функція реалізується шляхом контролю швидкості обертання приводного механізму. Як тільки швидкість механізму зменшується (датчики Холла подають сигнали більшої тривалості), електронний блок керування змінює напрямок обертання електродвигуна на протилежне, а скло починає рухатися вниз.

Досить рідко застосовується функція зовнішнього керування склопідйомниками, яке проводиться поворотом ключа

запалювання, вставленого в замок дверей. На деяких моделях автомобілів передбачена можливість закривання вікон за допомогою центрального замка з дистанційним керуванням.

Для автомобілів-купе, обладнаних безрамними вікнами, передбачена функція автоматичного опускання скла на кілька міліметрів, чим досягається безперешкодне відкривання дверей.

### 11.7 Система стеження за автомобілем

Система стеження за автомобілем призначена для відстежування місцеположення транспортного засобу, збору даних і передачі їх зацікавленій особі. Сучасні системи стеження використовують GPS або ГЛОНАСС технології для визначення місцезнаходження транспортного засобу.

Розрізняють два типи пристроїв стеження – пасивні і активні.

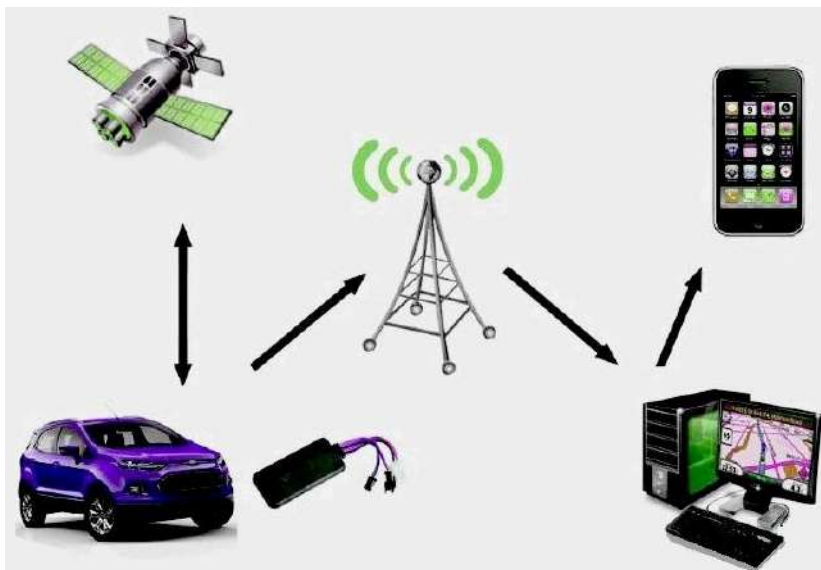


Рисунок 11.17 – Схема системи стеження за автомобілем

Пасивні системи стеження фіксують параметри автомобіля (місце розташування, швидкість, напрямок руху та ін.) І при поверненні машини зчитуються для оцінки. Активні пристрої

збирають аналогічну інформацію і передають її для оцінки в режимі реального часу з допомогою стільникового або супутникового зв'язку.

Автомобільні системи стеження, як правило, об'єднують активні і пасивні пристрої, що дозволяє передавати дані коли зв'язок доступний, а також зберігати дані в пам'яті і передавати їх коли зв'язок знову стане доступним. Основними складовими системи стеження за автомобілем є навігаційний пристрій, реєстратор і призначений для користувача інтерфейс.

**Навігаційний пристрій** розміщується в автомобілі і фіксує місце розташування транспортного засобу. **Реєстратор** приймає дані від навігаційного пристрою, зберігає їх і передає інформацію на вимогу користувача. Реєстратор також приймає ряд інших даних, що характеризують роботу транспортного засобу: кількість палива в баку, витрата палива, обороти двигуна, положення дросельної заслінки, температура двигуна, тиск в шинах, відкриття (закриття) дверей, включення (виключення) запалювання, відкриття (закриття) бічних стекол включення фар, стан акумуляторної батареї, тощо. Для фіксування перерахованих даних використовуються як штатні пристрої систем автомобіля, так і додатково встановлюються датчики.

**Інтерфейс користувача** визначає порядок доступу до отриманої інформації.

Область застосування систем стеження за автомобілем достатньо широка і включає:

- керування парком транспортних засобів (стеження, маршрутизація, інформація про параметри роботи, безпека);
- контроль дотримання графіка руху міського пасажирського транспорту;
- контроль поведінки водія за кермом (здійснюється роботодавцем за працівником, батьком за підлітком);
- контроль за автомобілем з метою запобігання крадіжки, в т.ч. віддалене керування транспортним засобом (блокування дверей, зупинка двигуна при необхідності).

Однією з різновидів автомобільних систем стеження, досить широко поширеною в нашій країні, є система контролю за експлуатацією.

## 11.8 Система контролю витрат палива

Вона призначена для оперативного контролю основних параметрів роботи транспортних засобів: витрати палива, швидкості руху, пробігу, режиму роботи, місця розташування на місцевості. Система встановлюється на вантажні автомобілі, автобуси, таксі, будівельні машини, залізничні локомотиви, водні судна.

Застосування системи контролю витрат палива дозволяє виявляти факти нераціонального використання машини (робота на підвищених навантаженнях, перевищення швидкості, відхилення від маршруту, простоювання, тощо), А також розкрадання палива.

Система контролю витрат палива включає бортове обладнання, канал зв'язку і програмне забезпечення.

**Бортове обладнання** встановлюється безпосередньо на транспортний засіб. Воно включає датчики і реєстратор. У роботі системи використовуються штатні датчики (датчик частоти обертання колінчастого вала, спідометр, тахометр), а також датчики, що встановлюються додатково: датчик рівня палива, датчик об'єму палива.



Рисунок 11.18 – Схема системи контролю витрат палива

Датчик рівня палива встановлюється за кількістю паливних баків. Для підвищення точності вимірювань в системі може використовуватися кілька датчиків на один бак. Спільну роботу датчиків рівня палива забезпечує **концентратор**. Датчик обсягу палива встановлюється в якості опції.

**Реєстратор** (інше найменування – термінал) служить для збору і зберігання даних про роботу машини. Він встановлюється безпосередньо в салоні транспортного засобу. Для визначення місця розташування транспортного засобу на місцевості в реєстраторі вбудовано навігаційний пристрій GPRS-ГЛОНАСС.

Канал зв'язку визначається способом передачі інформації про роботу машини. Залежно від способу передачі даних розрізняють два види систем контролю витрат палива:

- передають дані в режимі реального часу (on-line системи);
- передають дані по закінченні роботи (off-line системи).

Прикладом on-line системи є система контролю за експлуатацією **FAS** від компанії Omnicomm. Інша система контролю витрат палива – система **FMS** спочатку накопичує інформацію про роботу транспортного засобу, яка періодично зчитується з реєстратора.

Для роботи в on-line режимі використовується GSM-канал передачі даних. Безпосереднє зчитування інформації з реєстратора (off-line режим) може здійснюватися по бездротовому каналу Bluetooth або по провідному каналу – USB-кабелю.

Аналітична обробка даних про роботу машини здійснюється за допомогою програмного забезпечення. Функціонально воно відрізняється переліком формованих звітів. Відповідне програмне забезпечення встановлюється на персональний комп'ютер – автоматизоване робоче місце диспетчера.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які є види систем захисту автомобіля від угону?
2. Для чого призначені блокіратори?
3. Назвіть основні типи електронних протиугінних систем.
4. Що таке іммобілайзер?
5. Які функції автосигналізації?

6. Як класифікують механічні протиугінні пристрої?
7. За рахунок чого забезпечується протиугінна надійність блокіраторів?
8. Як була підвищена криптостійкість в циліндрових замках блокіраторів?
9. Чим визначається механічна стійкість блокіратора до руйнування?
10. На які категорії можна розділити механічні протиугінні пристрої за функціональними ознаками?
11. Яке призначення мітки радіочастотної ідентифікації RFID?
12. Для чого застосовують додатковий іммобілайзер?
13. Які сервісні функції передбачені в автосигналізації?
14. Назвіть складові частини автосигналізації.
15. Який головний недолік датчика удару?
16. Для чого призначений датчик нахилу?
17. Як працює ультразвуковий датчик?
18. Для чого призначений центральний замок?
19. Розкажіть принцип роботи центрального замка.
20. Що являє собою система інтелектуального доступу в автомобіль?
21. Які є види склопідйомників?
22. Як влаштована система стеження за автомобілем?
23. Як працює система контролю витрат палива?

## **12 ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ІНФОРМУВАННЯ ВОДІЯ**

Інструментальні системи автомобілів досягли такого рівня розвитку, що стали предметом для самостійного вивчення. У цій темі ми розглянемо деякі основні принципи побудови інструментальних систем і про зв'язки даних системи з іншими автомобільними системами; далі наведені конкретні приклади таких зв'язків. Можна сказати, що інструментальна система «за визначенням» повинна перетворювати деякі змінні величини в зручний або в придатний до показу вид. Наприклад, прилад рівня палива покаже, зазвичай в аналоговому вигляді, наявність палива в паливному баку.

Інструментальна система не завжди пов'язана з вимірювальним приладом або індикатором зчитування. У багатьох випадках система цілком може використовуватися тільки для того, щоб управляти всього лише індикатором попередження. Однак якби індикатор попередження про низьку температуру зовні автомобіля, наприклад, не загорівся в потрібний час, то могла б виникнути небезпечна ситуація. Тому система повинна працювати за певними заданими стандартами.

### **12.1 Датчики**

Щоб не збільшувати надмірно обсяг цього розділу, нижче будуть розглядатися тільки електричні датчики, пов'язані з експлуатацією транспортного засобу. Датчики використовуються в транспортному засобі в багатьох цілях.

Наприклад, термістор температури холодоагенту використовується, щоб надати дані для системи керування двигуном, а також для водія (через відповідний індикатор). На рис. 12.1 показані деякі з датчиків, використовуваних на транспортних засобах.

### **12.2 Прилади теплової дії**

Прилади теплової дії, ідеальні для індикації рівня палива і температури двигуна, з'явилися на автомобілях багато років тому. Вони продовжують використовуватися до сих пір через їх просту конструкцію і властиве їм «теплове» демпфірування.

Робота приладу заснована на нагріванні електричним струмом біметалічної смуги. Струм тече через нагрівальну обмотку котушки, розташованої на біметалічній смугі, і тепло що виділяється змушує смугу згинатися.

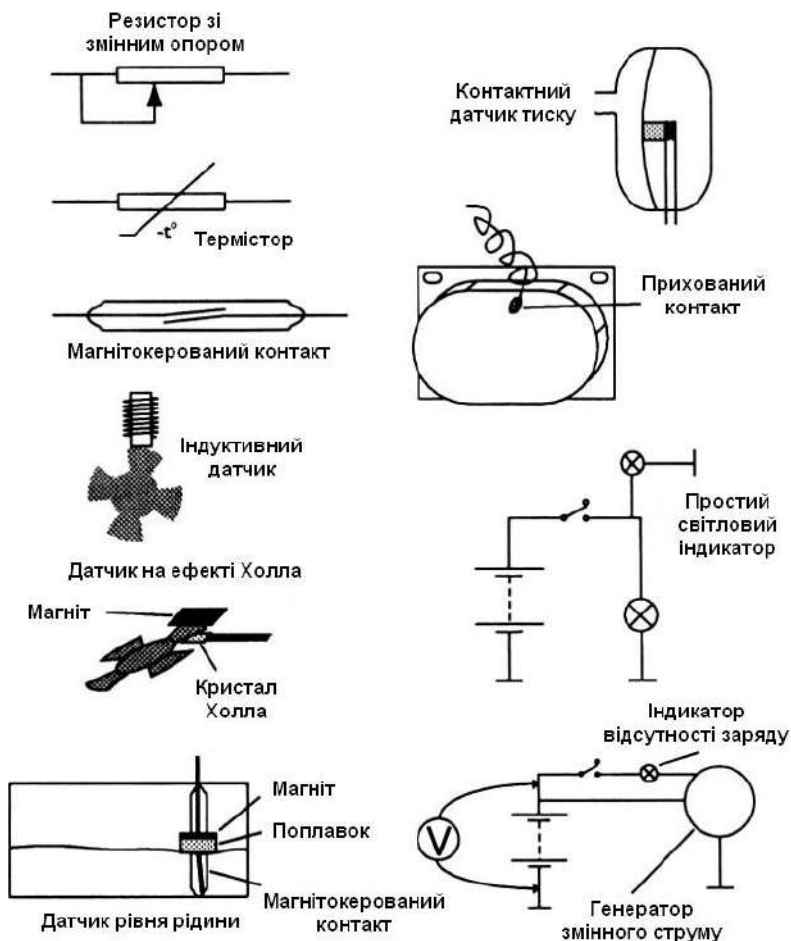


Рисунок 12.1 – Автомобільні датчики

Біметалічна смуга пов'язана з покажчиком. Ступінь вигину смуги пропорційна теплу, яке, в свою чергу, пропорційне поточному струму. За умови, що датчик може змінювати свій

опір пропорційно вимірюваній величині (наприклад рівню палива), прилад покаже правильне значення, якщо він був попередньо відкалібрований для цього завдання. Типовий тепловий прилад показаний на рис. 12.2.

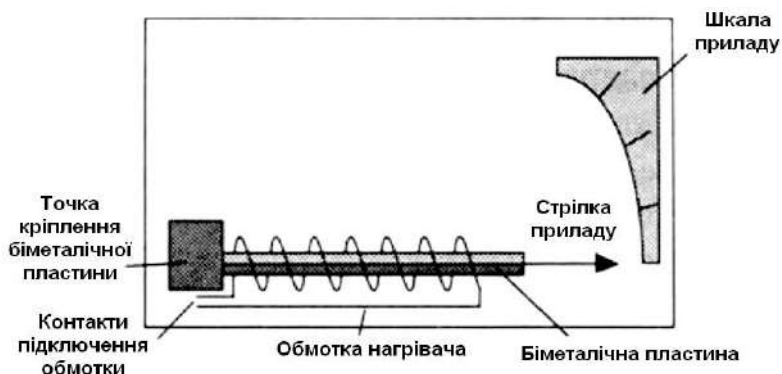


Рисунок 12.2 – Біметалічна пластинка в приладі теплового типу

Притаманна приладу властивість демпфірування створюється за рахунок повільної швидкості теплового впливу на біметалічну смугу, яке змушує стрілку дуже повільно переміщатися в нове положення. Як кажуть, у таких приладів велика стала часу. Це – специфічна перевага, необхідна для того, щоб показувати правильний рівень палива.

Оскільки змінний резистор в паливному баку переміщається за рахунок коливань палива, обумовлених рухом транспортного засобу, і якщо прилад був би в змозі реагувати дуже швидко, то стрілка постійно переміщувалася. В тепловому приладі значення миттєвих рівнів за період постійної часу приладу усереднюються, і в результаті може бути отримане відносно точне показання.

Деякі теплові паливні витратоміри, які приводяться в дію за допомогою електроніки, демпфуються системою керування ще більшою мірою. Прилади теплового типу використовують змінний резистор і поплавков в паливному баку, або термістор в рубашці охолодження двигуна. На рис. 12.3 показана схема цих двох приладів.

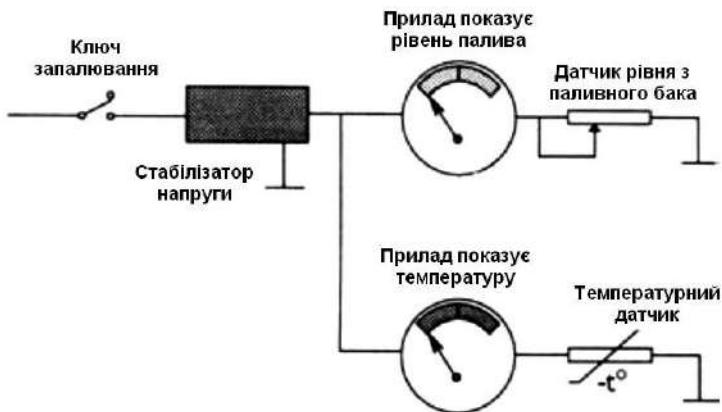


Рисунок 12.3 – Схема індикаторів рівня палива і температури охолоджуючої рідини на основі біметалічної смуги

Опір датчика паливного бака може бути зроблений нелінійним, щоб врівноважувати будь-який нелінійний відгук приладу. Опір датчика максимальний, коли паливний резервуар порожній.

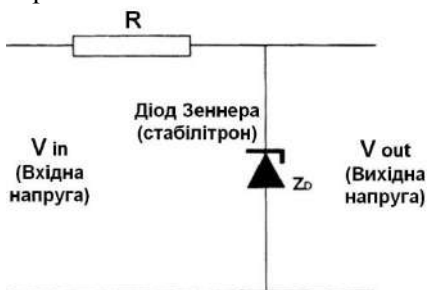


Рисунок 12.4 – Стабілізатор напруги

Потрібна також велика постійна часу джерела напруги, щоб запобігати зміні в напрузі живлення приладу, що негативно впливає на достовірність показань. Якби напруга приладів збільшилася, поточний струм теж виріс, і, отже, прилади давали б завищені покази.

Більшість стабілізаторів напруги – це прості ланцюги на основі діодів Зенера (рис. 12.4).

### 12.3 Прилади з переміщенням залізних елементів

Прилад з переміщувальним залізним сердечником з'явився на автомобілях раніше, ніж прилад теплової дії, але і зараз він користується популярністю для деяких додатків. На рис. 12.5

показана схема і принцип приладової системи ні бази переміщувального залізного сердечника. В даному приладі використовуються два невеликих електромагніту, які впливають на маленький яркі з м'якого заліза, зв'язаний зі стрілкою.



Рисунок 12.5 – Схема і принцип дії приладу з переміщенням залізного елемента

Якір встановлюється між сердечниками електромагнітів в положення, яке залежить від їх магнітної сили. Магнітні поля в кожному осердді змінюються одночасно зі змінами опору датчика, і отже, стрілка переміщається.

Цей тип приладу реагує на зміни дуже швидко він має малу постійну часу і схильний до розгойдування при русі транспортного засобу. Щоб зменшити цей ефект, може використовуватися зовнішнє демпфування.

Резистор  $R_1$  балансує опір датчика паливного резервуара. Коли резервуар наполовину повний, опір датчика буде дорівнювати опорі  $R_1$ . При цьому значенні схема врівноважена. Опір датчика максимальне, коли бак повний.

## 12.4 Повітряно-магнітні прилади

Дія повітряно-магнітних приладів заснована на тому ж самому принципі, що і у стрілки компаса, що встановлюється уздовж лінії магнітного поля. Стрілка приладу приєднана до дуже маленького постійного магніту. Стрілка приладу приєднана до дуже маленького постійного магніту. Кожна з трьох котушок створює своє магнітне поле. Магніт стрілки встановиться відповідно до сумарного магнітного поля цих трьох котушок. Поточний струм і число обертів проводу (ампер-витки) визначають силу магнітного потоку, створеного кожної котушкою. Оскільки число витків постійне, ключовим фактором є струм. На рис. 12.6 показані принциповий устрій повітряно-магнітного приладу і схема його використання в якості температурного індикатора.

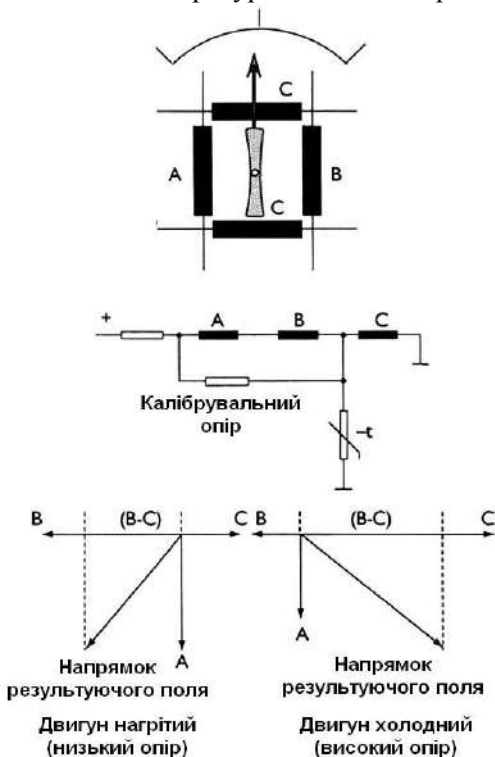


Рисунок 12.6 – Принцип роботи повітряно-магнітного приладу, схема його використання в якості показчика палива або температурного індикатора і сума магнітних полів

Зліва розташовується баластовий резистор, що обмежує максимальний струм, а резистор калібрування використовується для калібрування шкали. Термістор виконує функції температурного датчика. В міру збільшення опору термістора, струм у всіх трьох котушках зміниться. Струм через котушку С зросте, а струм в котушках А і В зменшиться. Сумарне поле переміщує магнітний яркір.

Повітряно-магнітний прилад має безліч переваг. У нього майже миттєва реакція на збурення, і оскільки стрілка встановлюється відповідно до результуючого магнітного поля, вона не буде переміщатися при зміні положення автомобіля.

Прилад може бути влаштований так, щоб навіть після виключення показувати останнє положення, або, якщо використовується маленький магніт «відштовхування», стрілка повернеться до свого нульового положення. Зміна напруги в системі однаково впливає на роботу всіх трьох котушок, зміни струму взаємно врівноважуються, усуваючи необхідність в стабілізації напруги. Зауважте, що робота даного приладу аналогічна роботі приладу з переміщенням залізного сердечника.

## 12.5 Інші типи приладів

Варіанти будь-якого з вищезазначених типів приладів можуть бути використані, щоб надати водієві необхідну інформацію, наприклад, напруга в мережі або тиск масла.

Прилади, що показують швидкість руху або швидкість обертання двигуна, повинні реагувати на зміни дуже швидко. Багато з систем тепер використовують для цієї мети крокові двигуни, хоча в деяких залишилися спідометри, що приводяться в дію звичайним тросом.

На рис. 12.7 показана блок-схема спідометра, який використовує амперметр в якості показуючого приладу. В цій системі використовується датчик на основі блокованого генератора автоколивань, який створює сигнал постійної амплітуди навіть на дуже низькій швидкості.

Частота сигналу пропорційна швидкості автомобіля. Датчик приводиться в дію від коробки передач або ведучої осі. Схема складається, по-перше, з тригера Шміда, який формує сигнал і пригнічує будь-який шум, що наводиться а проводах.

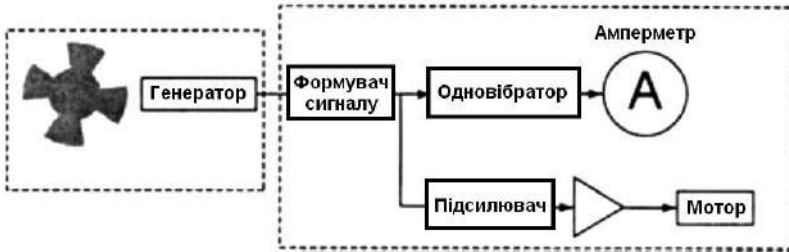


Рисунок 12.7 – Блок-схема системи спідометра, яку використовує простий амперметр в якості показуючого приладу

Одновібратор тут використовується, щоб генерувати сигнали постійної форми пропорційно імпульсам, які надходять від генератора імпульсів.

Котушка приладу яка переміщається, показує середнє число імпульсів. Це усереднене значення залежить від частоти вхідного сигналу, який, у свою чергу, залежить від швидкості транспортного засобу.

Одометр приводиться в дію кроковим двигуном, який управляється вихідним сигналом з дільника і підсилювача потужності. Робота крокового мотора повинна бути відкалібрована за допомогою подільника. Фактично, спідометр може бути відкалібрований в будь-якому транспортному засобі зміною затримки часу одновібратора.

Система тахометра подібна системі спідометра. У цьому приладі зазвичай використовується імпульс від первинної обмотки котушки запалювання. На рис. 12.8 показана типова блок-схема тахометра.



Рисунок 12.8 – Блок-схема тахометра, який використовує сигнали від котушки запалювання

## 12.6 Цифрова приладова система

На рис. 12.9 показана типова цифрова приладова система. Формування всіх сигналів і логічних функцій виконується в блоці керування двигуном. Зазвичай він є частиною модуля приладової панелі.

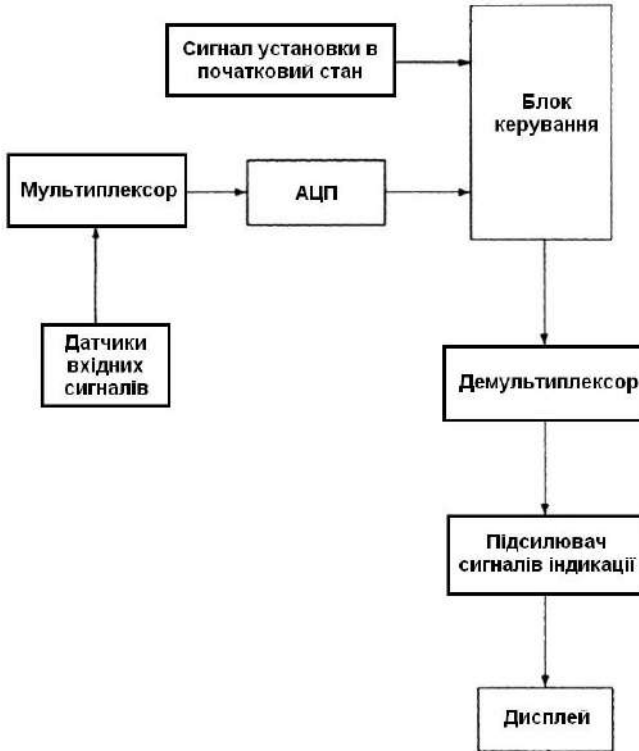


Рисунок 12.9 – Цифрова приладова система

Стандартні датчики забезпечують подачу інформації до ECU, який, у свою чергу, приводить в дію прилади індикації. ECU містить секцію ROM, яка дозволяє запрограмувати його для певного транспортного засобу. Використовувані прилади аналогічні описаним раніше.

Частина додаткових функцій, які виконуються цією системою, коротко можна описати таким чином:

- індикатор попередження про низький рівень палива – може бути включений при певному опорі датчика паливного бака;
- індикатор попередження про високу температуру двигуна – може бути активований при заданому опорі термістора;
- стабільна індикація температури теплоносія – запобігає флуктуації показань приладу внаслідок роботи термостата системи охолодження; прилад може бути зроблений так, щоб зчитувати тільки скажімо, одне з п'яти вимірювань. Наприклад, якщо вхідний опір зміниться від 240 до 200 Ом в зв'язку з роботою термостата, то ECU буде видавати для приладу тільки одне показання, що відповідає «нормальному». Якщо опір буде набагато вище або нижче, то прилад буде читати одне з п'яти показань вище або нижче нормального. Це забезпечує низьку роздільну здатність, але велику зручність зчитування показань для водія;
- індикатор тиску масла або інші індикатори світлової сигналізації можна змусити спалахнути – це з великою ймовірністю приверне увагу водія;
- можуть використовуватися сигнали попередження про інтервал обслуговування або перевірки – сигнали активуються, взагалі кажучи, як функція часу, але, наприклад, інтервал обслуговування зменшується, якщо двигун працює на високих швидкостях і/або при високих температурах. Датчики стану масла також використовуються для допомоги у визначенні інтервалів обслуговування;
- індикатор попередження від генератора змінного струму працює як зазвичай, але той же самий або додатковий індикатор може бути активований, якщо напруга знижується, або якщо прослизав ремінь двигуна. Це досягається з допомогою додаткового провідника від однієї фази генератора змінного струму, чий пульсуючий сигнал порівнюється з пульсуючим сигналом від системи запалювання. Якщо відношення імпульсів змінилося, це вказує на прослизання ремня.

В якості прикладу того, як працює одна з таких систем, розглянемо індикатори попередження світлової сигналізації про високу температуру охолоджуючої рідини і низький рівень палива. На рис. 12.10 показана блок-схема тільки цієї частини загальної системи.

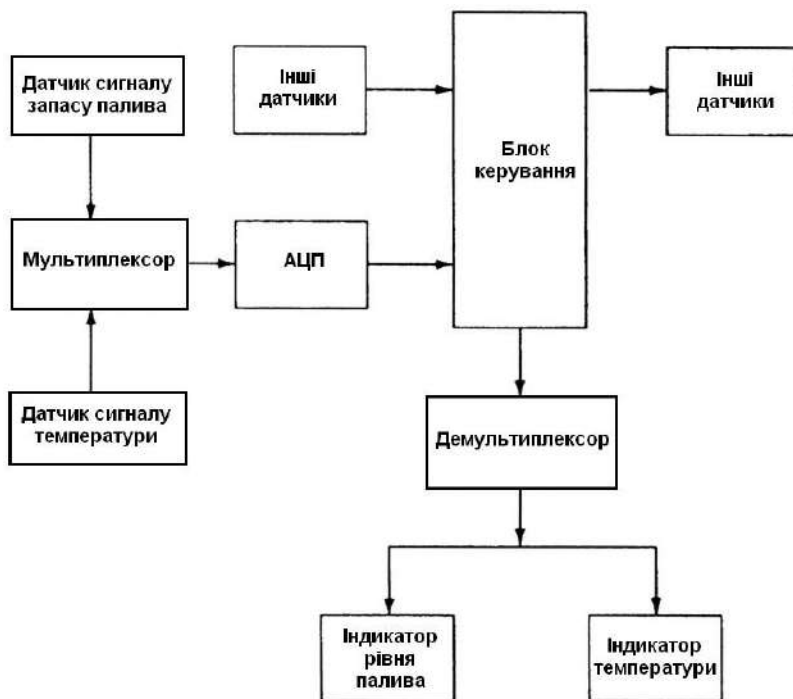


Рисунок 12.10 – Блок-схема сигналізації про високу температуру охолоджуючої рідини і низький рівень палива

Аналого-цифровий перетворювач забезпечує тимчасовий поділ сигналів датчиків. Сигнали від датчиків температури і датчиків рівня палива видають певні числові значення, коли вони досягають, скажімо 180 Ом (температура близько 105°C) і 200 Ом (залишилося 10 літрів).

Ці числові значення (віднесені до змінних «сигнал температури» і «сигнал рівня палива») можуть потім бути порівняні з попередньо занесеними в пам'ять значеннями «висока

температура» і «низький рівень палива». Наступні спрощені рядки комп'ютерної програми показують логічний результат (умови включення індикаторів):

ЯКЩО сигнал «температура» > «висока температура» ТОДІ сигнал висока температура» – Увімкнути;

ЯКЩО сигнал «рівень палива» < «низький рівень палива» ТОДІ сигнал «низький рівень палива» = Увімкнути.

Для будь-яких специфічних вимог транспортного засобу створюється ціла програма індикації.

## 12.7 Проекційний дисплей

Все більшої популярності набирає проекційний дисплей на лобове скло автомобіля (Head-Up Display, HUD, дослівно – дисплей піднятої голови). Незаперечними перевагами даного пристрою є комфорт і безпека руху. Система проектує на лобове скло автомобіля або спеціальний екран актуальну інформацію, яка розташовується на лінії погляду водія і дозволяє не відволікатися від керування транспортним засобом. В автомобіль проекційний дисплей прийшов з авіації.

Вперше індикацію на лобовому склі застосував General Motors у 1988 році. У 1998 році, саме у GM з'явився перший кольоровий дисплей. З 2003 року проекційний дисплей став встановлювати BMW. В даний час HUD використовується на багатьох автомобілях преміум-класу. У міру здешевлення технологія стане доступною і для бюджетних автомобілів.

Розрізняють декілька різновидів проекційного дисплея: штатний, мобільний, проекційний дисплей на базі смартфона.

**Штатний проекційний дисплей** пропонується в якості опції при покупці нового автомобіля. Конструктивно він об'єднує проектор, проекційну систему і проекційний екран. Для формування зображення використовується проектор високої контрастності і колірної насиченості.

Він отримує сигнал від різних систем автомобіля: керування двигуном, навігаційної системи, нічного бачення, адаптивного круїз-контролю, допомоги при перестроюванні, розпізнавання дорожніх знаків, автомобільної аудіосистеми.

Проекційна система, що складається з дзеркал і лінз, фокусує зображення на лобове скло.

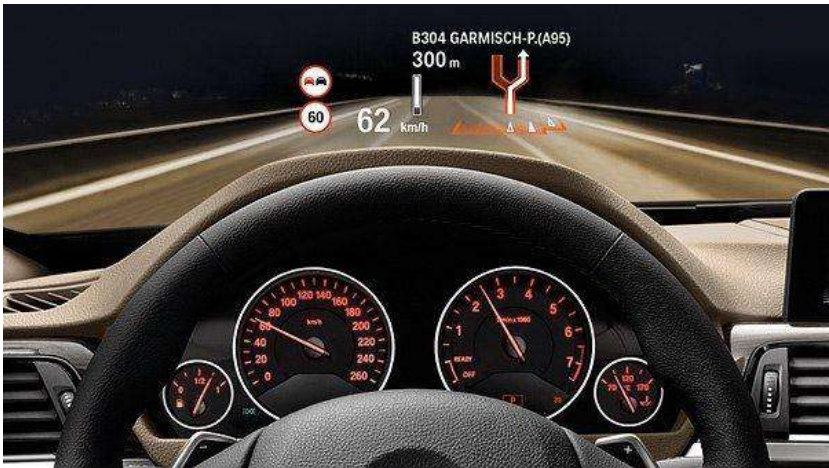
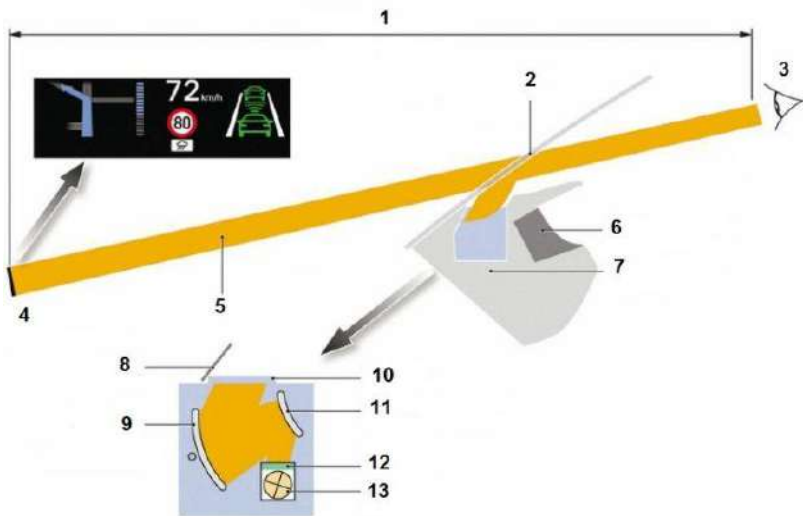


Рисунок 12.11 – Проекційний дисплей BMW



1 – відстань перегляду, 2 – лобове скло, 3 – водій, 4 – віртуальне зображення, 5 – лінія погляду, 6 – приладова панель, 7 – проекційний дисплей, 8 – похиле дзеркало, 9 – поворотне коригуюче дзеркало, 10 – захисне прозоре скло, 11 – фіксоване коригуюче дзеркало, 12 – дисплей, 13 – джерело світла

Рисунок 12.12 – Схема проекційного дисплея

Проекційна система дозволяє настроїти положення зображення на лобовому склі під потреби конкретної людини. Проектор разом з проекційною системою розташовується в поглибленні над панеллю приладів (торпедою) автомобіля.



Рисунок 12.13 – Проекційний дисплей від Mini

Проекційний екран дозволяє отримати зображення в перспективі (віртуальне зображення), що знижує концентрацію погляду. Розрізняють два типи екранів.

Найпоширенішим екраном є спеціальна прозора плівка, яка наклеєна на лобове скло і перешкоджає розсіюванню зображення. На автомобілях Mini замість плівки застосовується прозорий екран.

Залежно від конструкції проекційного дисплея на екран виводиться різна інформація:

- швидкість руху;
- частота обертів колінчастого вала;
- вказівки навігаційної системи;
- знаки обмеження швидкості руху, заборони обгону;
- наявність автомобіля в сліпій зоні;
- наявність пішоходів на дорозі в темну пору;
- дублювання сигнальних ламп панелі приладів.

У зв'язку з активним розвитком системи перелік виведеної на екран інформації постійно змінюється.



Рисунок 12.14 – Проекційний дисплей від Garmin

Мобільний проекційний дисплей являє собою портативний проектор, який встановлюється в певному місці салону автомобіля і проектує зображення на лобове скло.

Наприклад, проектор Garmin встановлюється безпосередньо на торпеду, а пристрій від Pioneer кріпиться до сонцезахисного козирка.



Рисунок 12.15 – Проекційний дисплей на базі смартфона

Відеосигнал на проектор надходить від смартфона, який підключається по бездротовому каналу Bluetooth або USB кабелю. Функціонал мобільного проекційного дисплея значно менше штатного пристрою. В основному це вказівки навігаційної системи, яку попередньо потрібно встановити на смартфон.

Великі можливості для водія пропонує мобільний проекційний дисплей від компанії Navdy. Дисплей можна з'єднувати зі смартфоном водія по каналу Wi-Fi або Bluetooth, а також з бортовим комп'ютером через діагностичний роз'єм. Крім вказівок навігаційної системи, пристрій може виводити інформацію від автомобільних датчиків. Вбудована інфрачервона камера дозволяє реалізувати жестові керування дисплеєм, а мікрофон – голосове керування.

Ще більшою простотою відрізняється проекційний дисплей на базі смартфона. За своєю суттю це спеціальна програма, яка виводить певну інформацію (навігація та ін.) на екран смартфона. Сам смартфон розташовується на панелі приладів. Екран смартфона відбивається в лобовому склі, представляючи візуальну інформацію водієві.

Необхідно відзначити, що технологія проектування інформації на лобове скло саме автомобіля – тільки на початку свого розвитку. У перспективі Head-Up Display повинен стати однією зі складових систем доповненої реальності.

## **12.8 Система виявлення пішоходів**

Вона призначена для запобігання зіткнення з пішоходами. Система розпізнає людей біля автомобіля, автоматично уповільнює автомобіль, знижує силу удару і навіть уникає зіткнення з людиною. Застосування системи дозволяє на 20 % скоротити смертність пішоходів при дорожньо-транспортній пригоді і на 30 % знизити ризик важких травм.

Вперше система виявлення пішоходів була використана на автомобілях Volvo в 2010 році. В даний час система має ряд модифікацій (комерційних назв):

- Pedestrian Detection System від Volvo;
- Advanced Pedestrian Detection System від TRW;
- EyeSight від Subaru.

В системі виявлення пішоходів реалізовані наступні

взаємопов'язані функції:

- виявлення пішоходів;
- попередження про небезпеку зіткнення;
- автоматичне гальмування.

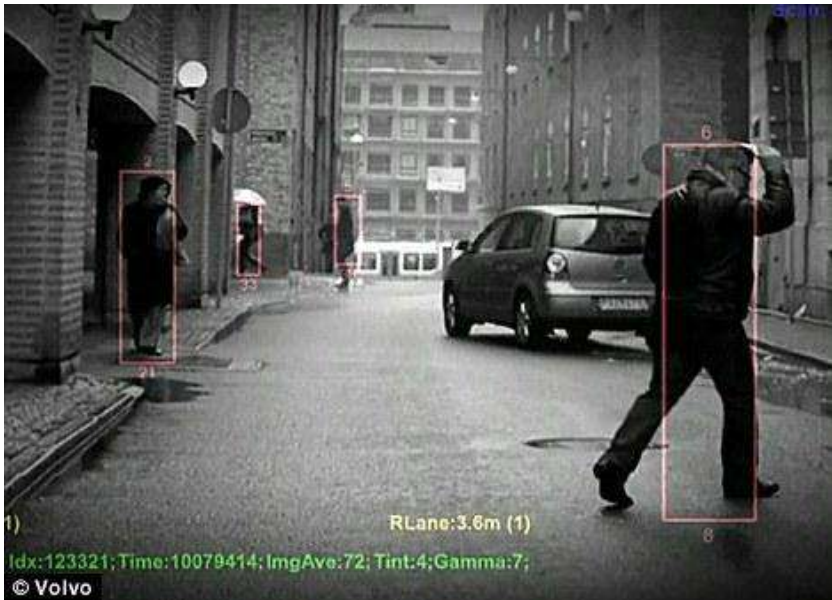


Рисунок 12.16 – Робота системи виявлення пішоходів Volvo

Для виявлення пішоходів використовується відеокамера і радар (дві відеокамери у Subaru), які ефективно працюють на відстані до 40 м. Якщо пішохід виявлений відеокамерою і результат підтверджений радаром, система відстежує рух пішохода, прогнозує його подальше переміщення і оцінює ймовірність зіткнення з автомобілем.

Результати виявлення виводяться на екран мультимедійної системи. Система також реагує на транспортні засоби, які стоять на місці або рухаються в попутному напрямку.

Якщо система встановила, що при поточному характері руху автомобіля зіткнення з пішоходом неминуче, надсилається звукове попередження водієві. Далі система оцінює реакцію водія

на попередження – зміна характеру руху автомобіля (гальмування, зміна напрямку руху). Якщо реакція водія відсутня, система виявлення пішоходів автоматично зупиняє автомобіль. В цій якості система виявлення пішоходів є похідною системи автоматичного екстреного гальмування.

Система виявлення пішоходів дозволяє повністю уникнути зіткнення автомобіля з людиною на швидкості до 35 км/год. При більшій швидкості система не може повністю запобігти дорожньо-транспортній пригоді, але тяжкість наслідків для пішохода може бути значно зменшена, за рахунок уповільнення автомобіля перед зіткненням. Статистичні дані по цій системі свідчать, що вірогідність смертельного результату від зіткнення пішохода з автомобілем на швидкості 65 км/год складає 85 %, 50 км/год – 45%, 30 км/год – 5 %.

Ризик травмування пішоходів значно знижується, якщо система виявлення пішоходів використовується спільно з системою захисту пішоходів або подушкою безпеки для пішоходів. Виявлення пішоходів за допомогою інфрачервоних камер реалізовано в системі нічного бачення, але активне попередження зіткнення в ній не передбачено.

Система виявлення пішоходів показала свою ефективність в складних умовах міського руху. Вона дозволяє одночасно відстежувати кілька пішоходів, що рухаються різними курсами, розрізняє рух пішоходів з парасольками під час дощу, тощо. Але ця система непрацездатна вночі і в погану погоду (сніг, дощ).

## **12.9 Система попередження про велосипедистів**

Дедалі більшого поширення набувають системи активної безпеки, які виявляють небезпеку і попереджають про неї водія. Камера і радар, встановлені на автомобілі, дозволяють безпечно паркуватися, змінювати смугу руху, виявляти на своєму шляху інші автомобілі, пішоходів і навіть диких тварин.

Компанія Jaguar Land Rover запропонувала інноваційну систему попередження про велосипедистів. Система Bike Sense при вияві потенційної небезпеки зіткнення з велосипедистом задіє зір, слух і тактильні відчуття водія. При цьому вплив на водія проводиться на інстинктивному рівні, що дозволяє швидше перейти до дії.



Рисунок 12.17 – Система попередження про велосипедистів

Система попередження про велосипедистів, будучи електронною системою, включає вхідні пристрої, блок керування і виконавчі пристрої. В якості вхідних пристроїв виступають радари з широким радіусом дії і відеокамери, встановлені спереду і ззаду автомобіля. Критерієм розпізнавання велосипедиста є швидкість його руху (до 15 км/год) і його типовий обрис.

Вхідні пристрої визначають велосипедиста на відстані 10 м. Сигнали від вхідних пристроїв обробляються електронним блоком керування. Залежно від конкретної дорожньої ситуації активізуються певні виконавчі пристрої. Активізація виконавчих пристроїв проводиться при знаходженні велосипедиста на відстані 5 м від автомобіля.

Виконавчими пристроями системи Bike Sense є:

- звуковий сигнал тривоги;
- надувні валики в спинці сидіння водія;
- вібратор на педалі акселератора;
- вібратор на внутрішній ручці дверей;
- світлодіодне підсвічування на внутрішніх елементах

салону.

Для попередження про небезпеку використовується звуковий сигнал велосипедного дзвінка. Такий сигнал краще асоціюється з велосипедистом. Залежно від положення велосипедиста щодо автомобіля сигнал транслюється з лівих чи правих динаміків акустичної системи. У спинці водійського сидіння обладнані спеціальні надувні валики. Залежно від положення велосипедиста щодо автомобіля активізується лівий або правий валик, натискаючи, відповідно, на ліве або праве плече водія.

Таблиця 12.1 – Алгоритм роботи системи попередження про велосипедистів

Ситуація	Дія
Наближення велосипедиста ззаду автомобіля під час руху	Сигнал тривоги з боку небезпеки
	Надувний валик з боку небезпеки
	Світлодіодне підсвічування з боку небезпеки
Наближення велосипедиста (пішохода) в поперечному напрямку попереду автомобіля, що стоїть перед пішохідним переходом	Сигнал тривоги з боку небезпеки
	Вібрація педалі акселератора
Наближення велосипедиста ззаду автомобіля що стоїть і намір водія або пасажирів вийти з автомобіля (відкрити двері)	Вібрація дверної ручки з боку небезпеки
	Світлодіодне підсвічування з боку небезпеки

Вібратор на педалі акселератора спрацьовує для попередження небажаного зрушення автомобіля з місця. Вібратор на внутрішній ручці дверей активізується, щоб попередити небезпечне відкриття дверей, якою можна травмувати велосипедиста що рухається.

На передніх стійках кузова, верхній частині приладової панелі, внутрішній оббивці дверей, встановлене комбіноване світлодіодне підсвічування зеленого, жовтого і червоного кольору. Світлодіоди певного кольору задіюються в залежності від ступеня небезпеки зіткнення з велосипедистом (зелений – безпечно, жовтий – можлива небезпека, червоний – небезпечно).

В алгоритмі роботи системи попередження про велосипедистів передбачено три типові ситуації, на які пропонується певний набір дій. Незважаючи на оригінальність і значимість даної системи, вона не матиме вирішального значення для підвищення безпеки велосипедистів. Для захисту велосипедистів потрібно зміни законодавства в частині дорожнього руху і розвитку велосипедної інфраструктури.

### 12.10 Система наскрізного бачення

Португальські вчені знайшли нову сферу застосування системи комунікації між автомобілями.

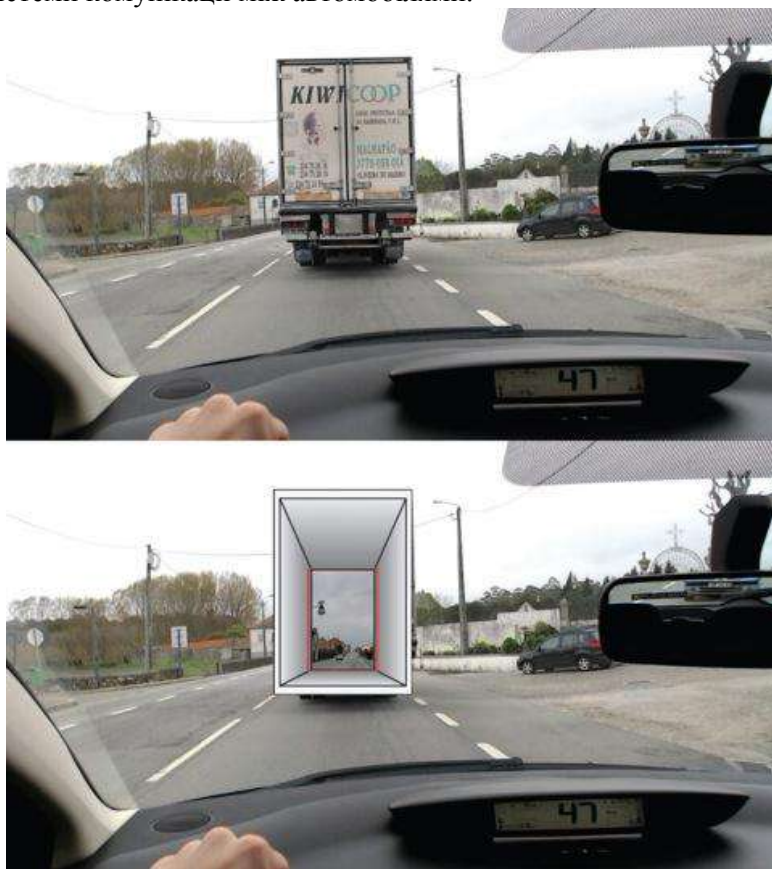


Рисунок 12.18 – Система наскрізного бачення

Запропоновано систему наскрізного бачення (See-Through System), яка покликана допомогти водієві, який рухається за великогабаритним транспортним засобом (вантажний автомобіль, автобус), здійснити безпечний обгін.



Рисунок 12.19 – Електронний стоп-сигнал

Система дозволяє дивитися крізь автомобіль, тому крім обгону може бути корисна для водія при екстремому гальмуванні або перестроюванні через транспортний засіб що рухається попереду. Робота системи наскрізного бачення побудована на бездротовому зв'язку ближнього радіусу дії (DSRC), за допомогою якої інформація в режимі реального часу передається на транспорт що їде позаду.

На вантажному автомобілі (автобусі) на лобовому склі встановлена відеокамера, яка підключена до блоку керування. Процесор стискає зображення і формує сигнал для передачі по бездротовій мережі. Легковий автомобіль, що рухається позаду, приймає сигнал, обробляє його і проектує зображення на дисплей

мультимедійної системи або на прозорий рідкокристалічний дисплей, розташований на лобовому склі автомобіля. Водій бачить, що відбувається попереду і може вибрати підходящий момент для обгону.

Відзначаються дві проблеми в роботі системи наскрізного бачення. Перша проблема полягає в можливій помилці комп'ютера, яка тягне за собою надання невірної або спотвореної інформації. Рішення проблеми просте – відключення зображення в разі збою системи.

Друга проблема серйозніша, тому що пов'язана з затримкою в передачі зображення. Незважаючи на незначний інтервал затримки (200 мс) переміщення автомобіля за цей час при швидкості 90 км/год складе близько 10 м. Таким чином, водій легкового автомобіля буде бачити не реальний зустрічний автомобіль, а його зображення на 10 м далі реального. Рішення цієї проблеми в даний час поки немає.

Подальшому впровадженню системи наскрізного бачення перешкоджає і недостатнє поширення засобів зв'язку між автомобілями.

Бачити крізь автомобіль попереду дозволяє і інша система, що отримала назву електронний стоп-сигнал (Electronic Brake Light). Система є розробкою компанії Ford. Електронний стоп-сигнал також побудований на бездротовій комунікації між автомобілями.

Якщо водій зробив гальмування, попередження для інших автомобілів одразу передається по бездротовому каналу. Позаду йдуть автомобілі обладнані дисплеєм, на який виводиться попередження. Електронний стоп-сигнал дозволяє уникнути зіткнення при екстреному гальмуванні автомобіля попереду. Навіть якщо зіткнення неминуче, наслідки його будуть мінімальні.

### **12.11 Паркувальна система**

Паркувальна система (інше найменування – система допомоги при парковці, має повсякденну назву – «парктронік») є допоміжною системою активної безпеки автомобіля, що полегшує процес парковки автомобіля. Найбільша ефективність від застосування паркувальної системи реалізується при русі

автомобіля заднім ходом, в темний час доби, при сильному тонуванні стекол, а також в умовах обмеженого простору (парковка, гараж, тощо).

Паркувальні системи можна умовно розділити на дві великі групи – пасивні і активні. Пасивні паркувальні системи представляють тільки необхідну для парковки інформацію, при цьому керування автомобілем здійснюється водієм. Активні паркувальні системи забезпечують паркування автомобіля в автоматичному або автоматизованому (автоматично виконуються окремі функції) режимі.

Відомими пасивними паркувальними системами є:

- Parktronic System, PTS на автомобілях Audi;
- Parking Distance Control, PDC на автомобілях BMW;
- Acoustic Parking System, APS на автомобілях Audi;
- Park Assistant на автомобілях Opel;
- Optical Parking System, OPS на автомобілях Audi.



Рисунок 12.20 – Візуалізація роботи датчиків паркувальної системи

Пасивні паркувальні системи встановлюються на автомобіль при покупці в якості опції або окремо. На один автомобіль може бути встановлено кілька пасивних паркувальних систем. В основу роботи пасивних паркувальних систем покладено

контроль відстані до перешкоди і інформування водія про це.

Торгова назва «Парктронік» (Parktronic System), з огляду на її популярність, стала прозивним ім'ям більшості пасивних паркувальних систем, що встановлюються на автомобілі. Конструктивно парктронік включає датчики паркування, електронний блок керування і пристрій індикації.

В якості датчиків паркування використовуються ультразвукові датчики. Зазвичай встановлюється 4-8 датчиків парковки, з яких 4 задніх датчика і, при необхідності, 2-4 передніх датчика. Датчики встановлюються, як правило, в передньому і задньому бампері автомобіля.

Датчик посилає сигнал ультразвукової частоти (близько 40 кГц) і приймає його відлуння від перешкоди. Чим менше час повернення сигналу, тим ближче знаходиться перешкода. Ефективна робота датчика парковки здійснюється на відстані 0,25-1,8 м від перешкоди.

Електричні сигнали від датчиків надходять в електронний блок керування. Залежно від величини сигналів електронний блок формує інформацію для пристрою індикації.

Пристрій індикації (індикаторний пристрій) служить для відображення інформації про наближення до перешкоди і попередження водія про небезпеку. У пристроях застосовуються такі види індикації: звукова; світлова; цифрова; оптична.

Робота звукового індикаторного пристрою характеризується подачею звукових сигналів з певною частотою в залежності від відстані до перешкоди (від переривчастого до безперервного сигналу). Звукова сигналізація, наприклад, використовується в системі APS.

У пристроях, обладнаних світловою індикацією, використовується світлова шкала, реалізована за допомогою світлодіодів різного кольору. Залежно від відстані до перешкоди відбувається зміна кольору від зеленого до червоного.

Пристрій цифрової індикації показує фактичну відстань до перешкоди. Зазвичай цифрова індикація поєднана зі світловою індикацією. Оптична індикація передбачає наявність рідкокристалічного дисплея, на який виноситься цифрова і колірною інформація, а також схематичне зображення автомобіля. Прикладом оптичної паркувальної системи є система OPS.

З метою поліпшення заднього огляду і полегшення руху і пакування заднім ходом, в автомобілях може встановлюватися камера заднього виду.

В даний час це одна з затребуваних опцій, пропонованих при покупці автомобіля. Відеокамера знімає те, що відбувається за автомобілем і передає на інформаційний дисплей. Крім цього, на інформаційний дисплей може виводитися рекомендований напрямок руху.

Камера заднього виду є одним з елементів системи кругового огляду. Включення камери проводиться при включенні передачі заднього ходу. За своєю суттю, камера заднього виду є різновидом пасивної паркувальної системи. Наступним поколінням розвитку паркувальних систем є активні паркувальні системи.

### **12.12 Система автономної парковки**

Система автономної парковки є подальшим розвитком системи автоматичного паркування. За своєю суттю ця система забезпечує один з напрямків автоматичного керування автомобілем. В даний час розробкою системи автономної парковки займаються кілька компаній: Volkswagen з Bosch, BMW з Continental.

Далі за всіх в своїх дослідженнях пішла BMW, запропонувавши прототип системи автономної парковки під назвою Remote Valet Parking Assistant (дослівно – дистанційний помічник парковки). За заявами виробника система планується до масової установки на серійні автомобілі з 2020 року.

В системі Remote Valet Parking Assistant реалізовано дві основні функції:

- попередження зіткнення автомобіля в радіусі 360°;
- автоматична парковка автомобіля без участі водія.

Функція попередження зіткнення надає істотну допомогу водієві, особливо при русі в умовах обмеженого простору і умовах поганої видимості. Тим самим, додатково забезпечується безпека руху.

Автоматична парковка без участі водія (автономна парковка) дозволяє економити час, який витрачає водій на парковку. Особливо ця функція актуальна при парковці в багатоповерхових

паркінгах. Крім того, система забезпечує економію паркувального простору, дозволяючи помістити автомобіль в простір, обмежений 20 см з кожного боку.



Рисунок 12.21 – Система автономної парковки зі Smart Watch

Конструкція системи автономної парковки включає вхідні пристрої, електронний блок керування і виконавчі пристрої.

До вхідних пристроїв відносяться лазерні радари (лідари) і дистанційний пульт керування. В системі використовується чотири лідара, встановлені по периметру автомобіля. Вони сканують простір навколо автомобіля і дозволяють надійно ідентифікувати різні перешкоди (автомобілі, людей, архітектурні форми, тощо).

Активізація функції автономної парковки проводиться за допомогою пульта дистанційного керування, в якості якого виступає Smart Watch (інтелектуальний годинник). В системі від

Volkswagen в якості пульта дистанційного керування використовується смартфон. За допомогою пульта дистанційного керування автомобілі можуть не тільки паркуватися, а й самостійно під'їжджати до місця посадки водія.

Сигнали від вхідних пристроїв надходять в електронний блок керування. Програма керування включає алгоритми оцінки перешкод, коригування швидкості і напрямку руху, пошуку місця парковки, навігації по певному маршруту.

Залежно від відстані до перешкоди блок керування знижує швидкість аж до зупинки або здійснює маневр. У програму керування закладається цифровий план будівлі конкретного паркінгу, що дозволяє рухатися без використання GPS сигналу. Актуально для закритих паркінгів, де сигнал супутника недоступний.

Електронний блок керування формує керуючі сигнали, які надходять в блоки керування різних систем автомобіля: системи керування двигуном, системи курсової стійкості, електропідсилювача рульового керування.

Незаперечною перевагою системи автономної парковки є те, що її впровадження не вимагає дорогих змін в інфраструктурі паркінгів. Тому незабаром ми побачимо її на серійних автомобілях.

### **12.13 Система кругового огляду**

Система кругового огляду є допоміжною системою активної безпеки. Вона призначена для надання допомоги водієві при виконанні маневрування в обмежених умовах (паралельна парковка, перпендикулярна парковка, рух між рядами, виїзд на «сліпе» перехрестя).

Система кругового огляду є підсистемою мультимедійної системи автомобіля. Робота системи заснована на зйомці обстановки навколо автомобіля і виведенні відповідної інформації на інформаційний дисплей.

Система кругового огляду є подальшим розвитком оптичної паркувальної системи, побудованої на камері заднього виду. Вперше система кругового огляду була застосована на автомобілях компанії Nissan в 2007 році.



Рисунок 12.22 – Система кругового огляду Ford Mondeo

В даний час цю систему мають в своєму арсеналі багато провідних автовиробників – Mercedes-Benz, BMW, Volkswagen, Land Rover, Nissan, Toyota. Ряд систем кругового огляду мають власні назви:

- Around View Monitor, AVM на автомобілях Nissan;
- Surround Camera System на автомобілях Land Rover;
- Area View на автомобілях Volkswagen.

Система кругового огляду встановлюється, в основному, на автомобілях преміум-сегмента. Разом з тим, Nissan і тут випередив усіх, запропонувавши систему AVM в ряді комплектацій бюджетного кросовера Qashqai.

Конструктивно система кругового огляду об'єднує чотири (п'ять у Land Rover) відеокамери з великим кутом огляду, інтегровані по периметру кузова автомобіля. Передня камера (дві передніх камери у Land Rover) встановлена в радіаторних ґратах.

Задня камера вбудована в модуль освітлення номерного знака. Дві бічні камери базуються в корпусах зовнішніх дзеркал заднього виду. Всі відеокамери мають високу роздільну здатність, що дозволяє передавати зображення з високим ступенем деталізації.

«Картинка» з камер передається на дисплей мультимедійної системи. Зображення на дисплеї включає обов'язковий панорамний вид оточення автомобіля (т.зв. вид з висоти пташиного польоту) і деталізоване (збільшене) зображення з однієї або декількох камер (ступінь збільшення можна змінювати). На зображення з камери заднього виду виводяться динамічні напрямні, які вказують можливу і рекомендовану траєкторію руху при паркуванні. Залежно від близькості автомобіля до оточуючих об'єктів напрямні можуть змінювати колір від зеленого (безпечного) до червоного (небезпечного).

Система кругового огляду працює при русі автомобіля на невеликій швидкості (до 10 км/год у Nissan, до 18 км/год у Land Rover). При перевищенні заданої швидкості система автоматично вимикається. Конструкцією передбачено два режими роботи – автоматичний і ручний. Автоматичний режим активується при включенні задньої передачі коробки передач. На дисплей обов'язково виводиться зображення з камери заднього виду. Систему кругового огляду можна включити вручну (примусово) і вивести деталізоване зображення з будь-якої з камери.

### **12.14 Система маневрування з причепом**

Маневрування з причепом при русі заднім ходом є складним завданням навіть для досвідченого водія, тому поява чергової системи допомоги є цілком закономірною. Концерн Volkswagen розробив систему маневрування з причепом, яку встановлює в якості опції на автомобіль Volkswagen Passat восьмого покоління.

Конструктивно система Trailer Assist є подальшим розвитком паркувального автопілоту з використанням камери заднього виду. Система маневрування з причепом, будучи електронною системою, включає вхідні пристрої, електронний блок керування і виконавчі пристрої. До вхідних пристроїв системи відносяться селектор автоматичної коробки передач, кнопка-вимикач паркувального автопілоту, перемикач положення дзеркал заднього виду, камера заднього виду.

Для активізації системи Trailer Assist селектор АКПП повинен бути переведений в стан руху заднім ходом, паркувальний автопілот включений. За допомогою перемикача положення дзеркал заднього виду задається траєкторія руху

автомобіля з причепом: при переміщенні джойстика вправо або вліво задається певний кут повороту причепа, при переміщенні назад – забезпечується прямолінійний рух. Камера заднього виду фіксує поточний стан причепа щодо автомобіля.



Рисунок 12.23 – Система маневрування з причепом Volkswagen Passat

Інформація від вхідних пристроїв передається в електронний блок керування. В системі Trailer Assist використовуються потужності електронного блоку інформаційної системи автомобіля. На підставі заданого водієм кута повороту причепа,

фактичного кута повороту причепа, що фіксується камерою заднього виду, розраховується і реалізується певний алгоритм роботи системи рульового керування.

Сигнали від електронного блоку керування надходять в електромеханічний підсилювач рульового керування, який автоматично встановлює необхідне положення передніх коліс автомобіля для реалізації заданого маневру з причепом. При роботі системи на дисплеї комбінації приладів відображається поточне і задане положення причепа, що дозволяє контролювати процес.

В результаті система маневрування з причепом автоматично веде причіп в заданому напрямку. Водій, при цьому, управляє тільки швидкістю руху автомобіля за допомогою педалей акселератора або гальма. При необхідності в будь-який момент часу водій може відкоригувати напрямок руху причепа за допомогою перемикача положення дзеркал заднього виду. Система автоматично відключається, якщо водій почав використовувати рульове керування (взявся за рульове колесо).

### **12.15 Система допомоги при перестроюванні**

Перестроювання автомобіля з одного ряду руху в інший, часто стає причиною аварій, тому що водій не помічає транспортні засоби на інших смугах. Система допомоги при перестроюванні (інші назви – система моніторингу «сліпих» зон, система інформування про «мертві» зони, система безпечного перестроювання з ряду в ряд) попереджає водія про небезпеку зіткнення при зміні смуги руху.

Відомими розробниками таких систем є компанії:

- Audi, Volkswagen – система Side Assist;
- BMW – система Lane Change Warning;
- Mazda – система Rear Vehicle Monitoring, RVM;
- Mercedes-Benz – система Blind Spot Assist;
- Porsche – система Spurwechselassistent, SWA;
- Ford – система Blind Spot Information System, BLISTM;
- Volvo – система Blind Spot Information System, BLIS.

Система Audi Side Assist визнана Європейським комітетом незалежної експертизи безпеки автомобілів (Euro NCAP) однією з найкращих систем безпеки 2010 року.

Принцип роботи системи Side Assist заснований на контролі зон руху поруч з автомобілем і позаду нього за допомогою радара і включення попереджувального сигналу при намірі водія змінити смугу руху і наявності перешкоди на іншій смузі.



Рисунок 12.24 – Система допомоги при перестроюванні

Система включає наступні конструктивні елементи:

- кнопка (клавiша) включення на важелі перемикача показчика поворотів (на панелі дверей);
- радари в зовнішніх дзеркалах заднього виду з правого і лівого боку;
- електронні блоки керування;
- сигнальні лампи (попереджувальні індикатори) на зовнішніх дзеркалах заднього виду з правого і лівого боку;
- контрольна лампа на панелі приладів.

Система допомоги при перестроюванні включається відповідним перемикачем, активується при досягненні автомобілем швидкості 60 км/год. Для визначення об'єктів в «сліпий» зоні в системі використовується радар. Радарні датчики

встановлюються в зовнішніх дзеркалах заднього виду і випромінюють радіохвилі в певну область біля автомобіля. У ряді систем замість радарів можуть встановлюватися відеокамери, ультразвукові датчики.

Електронні блоки керування (по одному на кожну сторону) аналізують відображені випромінювання радара, на підставі яких:

- проводиться стеження за рухомими об'єктами;
- розпізнаються нерухомі об'єкти (припарковані автомобілі, дорожня огорожа, стовпи, тощо);
- при необхідності включається сигнальна лампа.

Сигнальна лампа працює в двох режимах:

- інформування – горить безперервно при знаходженні об'єкта в «сліпий» зоні;
- попередження – блимає при перестроюванні з ряду в ряд і при знаходженні об'єкта в «сліпий» зоні.

Намір водія перейти з ряду в ряд, розпізнається по включеному перемикачу покажчика поворотів.

Система BLIS на відміну від Side Assist використовує для відстеження «сліпої» зони замість радара цифрову камеру з режимом зйомки 25 кадрів/хв. Цифрова камера недостатньо ефективна в умовах поганої видимості (туман, сніг).

Система Blind Spot Information System включається спеціальною кнопкою на панелі приладів і активується на швидкості понад 10 км/год. Система Rear Vehicle Monitoring при знаходженні в небезпечній зоні іншого автомобіля, поряд з світлодіодною індикацією, подає звуковий сигнал.

### **12.16 Автомобільна система нічного бачення**

Система нічного бачення призначена для надання водієві інформації про умови руху в темну пору доби. Система дозволяє розпізнавати всілякі перешкоди, учасників дорожнього руху, пішоходів на неосвітленій дорозі, а також подальшу траєкторію траси. Система допомагає зняти навантаження з водія в умовах поганої видимості і тим самим забезпечує підвищення безпеки руху. В даний час система нічного бачення встановлюється в якості опції на легкові автомобілі преміум-класу. Принцип дії системи заснований на фіксації інфрачервоного (теплого) випромінювання об'єктів спеціальною камерою і його

проекування на дисплей у вигляді сірого масштабного образу.



Рисунок 12.25 – Автомобільна система нічного бачення

Розрізняють два типу систем нічного бачення: активні і пасивні. Активні системи використовують додаткове джерело інфрачервоного світла, який встановлюється на автомобіль. Вони характеризуються високою роздільною здатністю зображення і дальністю роботи близько 150-250 м.

Відомими активними системами нічного бачення є:

- Night View Assist від Mercedes-Benz;
- Night View від Toyota.

Пасивні системи нічного бачення не мають власного джерела інфрачервоного випромінювання. Теплова камера (тепловізор) фіксує інфрачервоне випромінювання об'єктів на відстані до 300 м. Вони мають високий рівень контрастності і низьку роздільну здатність зображення.

Пасивні системи нічного бачення:

- Night Vision Assistant від Audi;
- Night Vision від BMW;
- Night Vision від General Motors;
- Intelligent Night Vision System від Honda.

Найбільш технічно і функціонально досконалою системою нічного бачення є остання розробка Mercedes-Benz – система Night View Assist Plus. Крім стандартних функцій інформування водія, система попереджає пішоходів про потенційну небезпеку.

Конструктивно система Night View Assist Plus об'єднує інфрачервоні активні камери в фарах головного світла, відеокамеру за лобовим склом, електронний блок керування і інформаційний дисплей в кабіні.

Інфрачервоні камери фіксують дорожню обстановку. Відеокамера визначає, в який час доби рухається машина, а також наявність інших машин попереду або на зустрічній смузі. Інформація від камер надходить в електронний блок керування, обробляється і виводиться на інформаційний дисплей.

В якості інформаційного дисплея використовується рідкокристалічний дисплей на щитку приладів (S-клас) або екран навігаційної системи (E-клас). У ранніх системах нічного бачення інформація виводилася на лобове скло.

Попередження пішоходів про небезпеку проводиться шляхом подачі коротких світлових сигналів в сторону пішохода або їх освітлення протягом п'яти секунд фарою автомобіля. При наявності автомобілів попереду або на зустрічній смузі, система не спрацьовує, щоб не засліплювати інших учасників руху.

Алгоритм програми реалізується при швидкості руху понад 45 км/год і розташуванні пішоходів на відстані не більше 80 м.

Ще далі в цьому напрямку пішла компанія BMW, представивши інтелектуальну систему нічного бачення для виявлення пішоходів в небезпечній близькості від проїжджої частини. Система Dynamic Light Spot за допомогою датчиків серцебиття визначає наявність живих істот на відстані до 100 м від машини.

Крім інформації, що виводиться на інформаційний дисплей, система автоматично висвітлює пішохода. Для цього в місця для протитуманних фар встановлені поворотні діодні фари, здатні висвітлювати об'єкти, що знаходяться поза проїзною частиною.

На автомобілях BMW система Dynamic Light Spot встановлюється на додаток до системи нічного бачення Night Vision.

## 12.17 Система розпізнавання дорожніх знаків

Однією з основних причин дорожньо-транспортних пригод з тяжкими наслідками є перевищення швидкості. Система розпізнавання дорожніх знаків покликана попереджати водіїв про необхідність дотримання швидкісного режиму. Дана система визначає дорожні знаки обмеження швидкості при їх проїзді і нагадує водієві поточну максимальну дозволену швидкість, якщо він рухається швидше.



Рисунок 12.26 – Система розпізнавання дорожніх знаків

Систему розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition, TSR) мають в своєму активі багато відомих автовиробників – Audi, BMW, Ford, Mercedes-Benz, Opel, Volkswagen. Система розпізнавання дорожніх знаків на автомобілях Opel входить до складу системи Opel Eye (разом з системою Lane Departure Warning). Система Opel Eye відзначена в числі кращих розробок в області автомобільної безпеки 2010 року. Mercedes-Benz назвав свою систему Speed Limit Assist (система контролю обмеження швидкості), Volvo – Road Sign Information, RSI (система інформування про дорожні знаки).

Застосовувані на автомобілях системи розпізнавання дорожніх знаків мають типову конструкцію, яка включає

відеокамеру, блок керування і засіб виведення інформації.

Відеокамера розташовується на вітровому склі за дзеркалом заднього виду. Камера знімає простір перед автомобілем в зоні розташування дорожніх знаків (праворуч і зверху по ходу руху) і передає зображення в електронний блок керування. Відеокамера також використовується іншими системами активної безпеки – системою виявлення пішоходів, системою допомоги руху по смузі.

Електронний блок керування реалізує наступний алгоритм роботи:

- розпізнавання форми дорожнього знака (кругла форма);
- розпізнавання кольору знака (червоний колір на білому);
- розпізнавання написи (величина швидкості);
- розпізнавання інформаційної таблички (вид транспорту, час дії, зона дії);
- аналіз фактичної швидкості автомобіля;
- порівняння швидкості автомобіля з максимально допустимою швидкістю;
- візуальне і звукове попередження водія при відхиленні.

Зображення у вигляді знака обмеження швидкості виводиться на дисплей комбінації приладів або дисплей інформаційної системи і залишається видимим, поки обмеження не закінчиться або буде змінено. На автомобілях, обладнаних інформаційним дисплеєм, зображення виводиться на лобове скло.

У ряді конструкцій система розпізнавання дорожніх знаків взаємодіє з навігаційною системою і використовує відомості про знаки обмеження швидкості з навігаційних карт. Навіть якщо символ не буде визначено відеокамерою, інформація про нього буде виведена на панель приладів.

Система здатна розпізнавати обмеження швидкості, що діють для певного виду транспорту (по знакам додаткової інформації – табличок), а також знаки скасування обмеження швидкості. Система Opel Eye пішла далі – вона розпізнає поряд зі знаками обмеження швидкості, знаки, що забороняють обгін.

Система розпізнавання дорожніх знаків другого покоління інформує водія про різні дорожні знаки. Крім знаків обмеження швидкості, заборони обгону, окремих знаків додаткової інформації, система розпізнає такі знаки:

- проїзд без зупинки заборонено;
- в'їзд заборонено;
- головна дорога (кінець головної дороги);
- перевага зустрічного руху (перевага перед зустрічним рухом);
- поступіться дорогою;
- кінець зони всіх обмежень;
- початок (кінець) населеного пункту;
- початок (кінець) автомагістралі;
- житлова зона.

Перераховані знаки на дисплеї не відображаються. Інформація про розпізнані знаки узгоджується з даними навігаційної системи, поточними параметрами руху автомобіля. В результаті система інформує водія про поточну дорожню ситуацію і сприяє безпечному руху.

### **12.18 Система виявлення можливих дорожніх пробок**

Пробки на дорогах збільшують час перебування в дорозі, шкідливі викиди в атмосферу, а також підвищують ймовірність дорожньо-транспортних пригод, особливо пов'язаних з наїздом ззаду. Компанія Honda представила нову розробку – систему виявлення можливих дорожніх пробок, яка служить для їх запобігання. Система визначає, чи є стиль водіння транспортного засобу причиною виникнення пробки і при позитивній відповіді дає рекомендації щодо його зміни.

В даний час проводяться випробування даної системи на дорогах загального користування в Італії та Індонезії. Система виявлення можливих пробок ґрунтується на положенні, що характер руху (прискорення, уповільнення) автомобіля може викликати пробку.

Дійсно, дорожні пробки виникають не тільки через інтенсивність руху транспортних засобів. Встановлено, що при гальмуванні перед перешкодою, кожний наступний водій сповільнюється інтенсивніше, ніж попередній. Спостерігається т.зв. ефект «гармошки», який і є однією з причин виникнення пробки. Існує поширена практика попередження про пробки на шляху прямування з різних інформаційних каналів (радіо, Інтернет, навігація). Система виявлення пробок пішла значно

далі. На підставі оцінки гальмування і прискорення автомобіля визначається стиль водіння конкретної людини.



Рисунок 12.27 – Центр з керування міським дорожнім рухом в Токіо

Якщо характер руху сприяє виникненню пробки, система пропонує водієві змінити його, виводячи необхідну інформацію на дисплей панелі приладів. При цьому автомобіль зупиняється зі збільшеною дистанцією. Відстань забезпечує інтенсивний розгін і гальмування для автомобіля що йде позаду, тим самим запобігає або зводить до мінімуму ймовірність виникнення пробки.

Про конструкції системи виявлення пробок виробник не повідомляє. Але можна припустити, що в роботі системи використовуються штатні датчики системи курсової стійкості (датчики частоти обертання коліс, датчик поздовжнього прискорення, датчик тиску в гальмівній системі). За допомогою зазначених датчиків можна оцінити параметри руху автомобіля.

Використання системи виявлення пробок дозволяє на 23 % збільшити швидкість руху задньої машини, а також знизити споживання палива на 8 %. Ефективність застосування системи може бути значно підвищена за рахунок інтеграції з системою адаптивного круїз контролю, яка дозволяє автоматично підтримувати необхідну відстань до автомобіля, що йде

попереду. Збільшення швидкості може досягати 40 %, зниження споживання палива – 13 %.

Розробка системи виявлення пробок вносить істотний внесок в розвиток системи автоматичного керування автомобілем. Використання даної системи разом з системою стоп-старт дозволяє домогтися істотної економії палива і зниження шкідливих викидів. Разом з тим, перспективи використання системи в нашій країні не дуже райдужні. Залишати значну відстань перед транспортним засобом що зупинився попереду – недозволена розкіш, його тут же займе інший водій. Що поробиш – менталітет.

### 12.19 Система інформування про світлофори

Поки впровадження системи комунікації між автомобілями в Україні проглядається у віддаленій перспективі, провідні світові автовиробники вже активно опрацьовують її окремі додатки. Так компанія Audi запропонувала систему інформування про світлофори – Online traffic light information, що входить до складу інформаційно-розважальної системи Audi Connect.



Рисунок 12.28 – Система інформування про світлофори «Audi Traffic Light Online» автомобіля Audi A6

Система інформування про світлофори забезпечує бездротове з'єднання автомобіля з міським центром керування рухом і отримання інформації про режими роботи світлофорів на шляху проходження автомобіля. Застосування системи дозволяє досягти економії палива, зниження шкідливих викидів, ефективного використання особистого часу в русі.

У названій системі реалізовано кілька функцій:

- інформування про рекомендовані режими руху;
- інформування про режими роботи світлофора;
- взаємодія з системою стоп-старт.

Отримуючи по бездротовій мережі інформацію про режими роботи світлофора, система повідомляє водієві, яку швидкість він повинен підтримувати, щоб рухатися під зеленим світлом (т.зв. «зелена хвиля»). Інформація про рекомендовану швидкість руху виводиться на екран бортового комп'ютера або дисплей мультимедійної системи.

Коли автомобіль стоїть на світлофорі система транслює на дисплей час, що залишився до включення зеленого сигналу. Дана інформація повинна сприяти своєчасному початку руху, а значить уникнути виникнення «пробок».

Система інформування про світлофори підвищує ефективність роботи системи стоп-старт, за умови, що вона встановлена на автомобілі. На підставі інформації про режими роботи світлофора система стоп-старт:

- вимикає двигун до повної зупинки автомобіля при червоному сигналі;
- запускає двигун за 5 секунд до зеленого сигналу світлофора.

Як заявляє виробник, система повністю готова до застосування і при її широкому впровадженні можна очікувати позитивні результати.

Над аналогічною системою, що отримала назву Universal Traffic Management Systems (UTMS), працює компанія Honda. Система базується на спеціальних інфрачервоних маяках, розташованих на стовпах уздовж дороги і пов'язаних з єдиним центром керування рухом. За допомогою ІК-маяків здійснюється зв'язок з конкретним автомобілем і передача рекомендацій щодо режиму руху.

Система UTMS забезпечує проходження перехресть на зелений сигнал світлофора, представляючи водієві рекомендації в підтримці швидкості. Якщо зупинки на червоний сигнал світлофора не уникнути, система забезпечує відповідну швидкість наближення до перехрестя за рахунок своєчасного відпускання педалі газу. Для своєчасного і швидкого старту на зелений сигнал світлофора система посилає водієві попереднє повідомлення про початок руху.

Ще одна компанія працює над системою інформування про світлофори. Система Green Coordination and Deceleration Assistant від BMW враховує поточну завантаженість доріг і інформацію про сигнали найближчих світлофорів, на підставі яких формуються рекомендації водієві про оптимальну швидкість і маршрути. Крім того система оптимізує роботу двигуна.

### **12.20 Система передбачення дорожніх умов**

Компанія ZF представила систему, яка дозволяє передбачити умови руху на певному маршруті і при необхідності впливати на автомобіль для досягнення оптимального режиму руху по цьому маршруту. Система PreVision Cloud Assist встановлюється на концептуальному електромобілі Smart Urban Vehicle.

Алгоритм роботи системи передбачення дорожніх умов включає наступні послідовні операції:

- збір даних про умови руху;
- передача і збереження даних в хмарному сховищі;
- прийом даних зі сховища і розрахунок оптимального режиму руху;
- реалізація оптимального режиму руху.

Система проводить збір даних про дії водія на конкретній ділянці маршруту, таких як швидкість руху, поздовжнє і поперечне прискорення. Емпіричні дані узгоджуються з інформацією про місцезнаходження автомобіля, який визначається за допомогою GPS.

Кожна дія водія несе інформацію про стан дорожнього полотна, умови видимості. Дані передаються по бездротовій мережі і зберігаються в т.зв. хмарному сховищі – віртуальному сервері, що поєднує кілька фізичних серверів. Хмарне сховище даних забезпечує зберігання необмеженого обсягу інформації, а

також доступ до цієї інформації в будь-який час і в будь-якому місці всім, підключеним до сервісу, користувачам.



Рисунок 12.29 – Система передбачення дорожніх умов Tesla

При повторному проходженні маршруту система передбачення приймає збережені в хмарному сховищі дані і проводить розрахунок оптимального режиму руху по цьому маршруту. При необхідності (якщо розрахункові параметри руху відрізняються від фактичних даних) система PreVision Cloud Assist самостійно змінює величину крутного моменту, сповільнюючи або прискорюючи автомобіль. Педаль акселератора, при цьому, може залишатися в натиснутому стані.

Зміна величини крутного моменту виражається за допомогою системи керування двигуном і (або) системи керування автоматичною коробкою передач. Гальмівна система для уповільнення не використовується, що зменшує втрати енергії і є актуальним для автомобіля з електроприводом.

При необхідності водій в будь-який момент часу може взяти керування автомобілем на себе, різко натиснувши на педаль акселератора і активувавши режим «кікдаун».

В даний час в системі передбачення умов руху реалізовані дві функції: безпечного проходження поворотів і підтримки

оптимального швидкісного режиму руху. У перспективі в роботі системи будуть використовуватися дані про погодні умови, об'єкти інфраструктури, дорожню ситуацію. Крім цього, на незнайомих маршрутах система зможе використовувати дані інших транспортних засобів, підключених до хмарного сервісу. Водій буде керувати автомобілем також впевнено, ефективно і безпечно, як на знайомому маршруті.

Конструктивно система PreVision Cloud Assist укладена в електронний блок Openmatics, що забезпечує реєстрацію, передачу і прийом даних про рух. Система активується за допомогою кнопки на дисплеї. Передбачено два режими роботи системи – економічний і спортивний, що враховують індивідуальні переваги конкретного водія.

### **12.21 Автомобільна навігаційна система**

«А ще там є навігатор!» – колись цей відомий рекламний слоган, представляв навігаційну систему одним з головних достоїнств сучасного автомобіля.



Рисунок 12.30 – Штатна навігаційна система Mercedes-Benz

Проте за останні кілька років автомобільний навігатор з

дорогої іграшки перетворився на надійного помічника водія.

Автомобільна навігаційна система призначена для визначення положення транспортного засобу, вибору і супроводу маршруту руху. Перший автомобільний навігатор був представлений в 1981 році компанією Alpine.

Розрізняють декілька видів автомобільних навігаційних систем: штатна, мобільна, а також навігаційне програмне забезпечення портативних комп'ютерів і смартфонів.

Перераховані види навігаційних систем мають свої переваги і недоліки. Вони розрізняються по конструкції, реалізованим функціям, ціною.

Штатна навігаційна система встановлюється на заводі-виробнику автомобіля і, як правило, є частиною мультимедійної системи. У штатне місце можуть встановлюватися сумісні навігаційні системи інших виробників.

Мобільна навігаційна система являє собою портативне автономне навігаційний пристрій, який входить до комплекту та встановлюється на лобовому склі або приладової панелі.



Рисунок 12.31 – Мобільна навігаційна система

Під терміном «автомобільний навігатор» зазвичай розуміється саме мобільна навігаційна система. В якості автомобільного навігатора можуть бути використані портативний комп'ютер, смартфон і навіть звичайні моделі мобільних телефонів, якщо в них встановлені відповідні навігаційні програми.

### ***Устрій автомобільної навігаційної системи.***

За своєю суттю автомобільна навігаційна система є персональним комп'ютером з усіма його атрибутами: материнською платою, центральним процесором, оперативною пам'яттю, постійною пам'яттю, жорстким диском, пристроями введення і виведення інформації, приводами для підключення зовнішніх джерел даних.

Особливістю пристрою автомобільного навігатора є наявність навігаційного процесора (чіпсета GPS-приймача). У ряді конструкцій навігаторів навігаційний процесор об'єднаний з центральним процесором. Крім перерахованих елементів до складу автомобільної навігаційної системи можуть бути включені модуль GPRS, Bluetooth, радіоприймач та ін. компоненти.

Прийом сигналів від навігаційних супутників забезпечує антена. В штатній навігаційній системі використовується зовнішня антена, яка встановлюється на даху автомобіля. Мобільний навігатор, як і смартфон, оснащений вбудованою антеною.

Для введення і виведення інформації застосовується сенсорний дисплей, який відрізняється швидкодією, багатфункціональністю і низьким енергоспоживанням. В штатній навігаційній системі для виведення інформації може використовуватися проекційний дисплей.

Живлення штатної навігаційної системи здійснюється від бортової мережі автомобіля. Мобільний навігатор живиться від власного акумулятора. Зарядка акумулятора проводиться також від бортової мережі.

Програмне забезпечення автомобільної навігаційної системи включає операційну систему, навігаційну програму, інші прикладні програми (офісні додатки, мультимедіа програвач, ігри, програми для читання електронних книг та ін.).

Операційна система з'єднує апаратну частину навігатора

(«залізо») з прикладною програмою. В якості операційної системи використовуються програми Windows CE, Windows Mobile, Android, iOS та ін.



Рисунок 12.32 – Навігаційна програма в смартфоні

Функціональну основу навігаційної системи становить навігаційна програма. В автомобільних навігаційних системах застосовується безліч навігаційних програм, що відрізняються один від одного інтерфейсом, функціональністю, ступенем швидкодії і уніфікації. У штатних навігаторах використовуються

в основному власні розробки навігаційних програм.

Для мобільних навігаторів, КПК і смартфонів створені вітчизняні навігаційні програми, наприклад «Навітел», «Автоспутник», «CityGuide», «Прогород» та багато інших. Із зарубіжних програм необхідно відзначити популярну програму iGo. Програма iGo також використовується в штатних навігаційних системах корейських автомобілів Hyundai, Kia, SsangYong. У мобільних навігаторах, КПК, смартфонах може бути встановлено кілька навігаційних програм, що значно розширює можливості навігаційної системи.

Навігаційна програма побудована на електронній карті. В автомобільних навігаторах використовуються в основному векторні електронні карти, що підтримують маршрутизацію. Векторна карта включає безліч об'єктів з їх географічними координатами.

Якщо в планах переміщення на автомобілі по бездоріжжю, то вам необхідна навігаційна програма з растровою картою. На відміну від векторної растрова карта являє собою зображення місцевості (перенесена паперова карта або супутникова фотографія), прив'язана до географічних координат.

Провідними світовими розробниками електронних карт є компанії TeleAtlas і Navteq, але карти від цих виробників поки мають недостатнє покриття території СНД. З цієї причини багато російських розробників навігаційних програм (Навітел, Прогород, Сітігид) використовують власні електронні карти.

#### ***Функції автомобільної навігаційної системи.***

У сучасному автомобільному навігаторі реалізовано безліч функцій, основними з яких є:

- визначення положення;
- введення пункту призначення;
- розрахунок маршруту;
- супровід по маршруту.

***Визначення положення (позиціонування)*** автомобіля здійснюється за сигналами навігаційних супутників. Для того щоб визначити положення (широту і довготу) автомобіля на місцевості потрібно прийняти сигнали мінімум 3-х супутників. Сигнал від 4-го супутника дозволяє визначити ще й висоту над рівнем моря. При отриманні сигналів GPS-приймач обчислює

відстань до кожного супутника, на підставі якого визначаються просторові координати автомобіля.

У світі функціонує дві супутникових навігаційних системи: американська Navstar GPS (глобальна система позиціонування) і російська ГЛОНАСС (глобальна навігаційна супутникова система). Система ГЛОНАСС трохи відстає від GPS за кількістю супутників і точності визначення положення.

В даний час точність позиціонування системи GPS становить 2-4 м, ГЛОНАСС – 3-6 м. Найбільшу точність (2-3 м) дає спільне використання GPS і ГЛОНАСС, яке реалізовано в ряді мобільних навігаторів.

При певних умовах (рух в місті, тунелі) отримання сигналів від супутників стає проблематичним. В штатній навігаційній системі для позиціонування в умовах поганого сигналу використовуються датчики кутової швидкості коліс системи ABS і датчики подовжнього і поперечного прискорення системи ESP. За допомогою датчиків оцінюється швидкість і напрямок руху.

У мобільних системах цю функцію виконує навігаційна програма. При втраті сигналу система вважає, що автомобіль рухається по заданому маршруту з постійною швидкістю.

Введення пункту призначення в навігаційній системі здійснюється декількома способами: за адресою, за назвою (точки інтересу, POI), за координатами і безпосередньо точкою на карті. У ряді штатних і мобільних навігаційних систем реалізоване голосове введення пункту призначення.

Після введення пункту призначення система проводить розрахунок маршруту з урахуванням безлічі факторів (вулиці з одностороннім рухом, мости, тупики та ін.). У ряді штатних навігаційних систем пропонується кілька варіантів маршруту, розрахованих за різними критеріями (відстань, час, гроші).

Наприклад, короткий маршрут буде складатися з можливо більш коротких ділянок і не враховувати обмеження швидкості. Швидкий маршрут будується з урахуванням класу дороги (магістраль, федеральна траса, міська вулиця) і обмежень швидкості на цих дорогах. Економічний маршрут враховує і відстань і час. Часу, при цьому, віддається перевага.

Але всі ці маршрути не враховують поточну ситуацію на дорозі (пробки, аварії, ремонт та ін.). Тому найбільшим попитом

у автомобілістів користуються навігаційні системи, що пропонують динамічний розрахунок маршруту з урахуванням дорожньої обстановки. Інформація про дорожню обстановку в режимі реального часу може передаватися двома способами: по радіозв'язку і через Інтернет.

На радіозв'язку побудований канал повідомлень про ситуацію на дорозі TMC (Traffic Message Channel). Каналом TMC інформація передається у вигляді закодованих сигналів. У СНД канал повідомлень про ситуацію на дорогах розвинений недостатньо. TMC використовується в штатних навігаційних системах автомобілів Volvo, Land Rover, Honda і мобільних навігаторах Alpine, Garmin.

Альтернативою каналу TMC є передача інформації про дорожню ситуацію по інтернет-каналу. Дану технологію використовує більшість мобільних навігаторів, КПК і смартфонів. З мобільного навігатора вихід в Інтернет може бути організований двома способами: за допомогою GPRS-модуля і SIM-карти, через мобільний телефон через Bluetooth.

Інформація про дорожню ситуацію надходить з різних джерел мережі Інтернет. Програма Навітел має власний сервіс «Навітел. Пробки». Свою систему завантаженості доріг по смугах пропонує навігаційна програма Сітігід. В інших програмах використовується відомий сервіс «Яндекс.Пробки».

Необхідно відзначити, що штатні навігаційні системи, як правило, не мають зв'язку з мережею Інтернет, а якщо і мають, то цей канал не використовується для отримання інформації про дорожню ситуацію. Виняток становить новітня система RTTI (Real Time Traffic Information) від BMW, побудована на основі стільникового зв'язку і одержує інформацію в рамках системи TPEG (Transport Protocol Expert Group).

**Супровід по маршруту** реалізується за допомогою візуальних і голосових вказівок. Вказівки видаються послідовно від перехрестя до перехрестя. У різних навігаційних програмах функція супроводу по маршруту реалізована приблизно однаково, десь трохи краще, десь трохи гірше. Є і серйозні відмінності.

Наприклад, в навігаційній програмі «Прогород» працює сервіс Junction View, який при наближенні до перехресть і

складних розв'язок пропонує реалістичну картинку-підказку з вказівкою напрямку руху.

### **Питання для самоперевірки**

1. Які типи датчиків використовуються в системі інформування водія?
2. Для виміру яких параметрів використовуються прилади теплової дії?
3. Як влаштована цифрова приладова система?
4. Що таке Head-Up Display?
5. Коли були вперше використані проекційні дисплеї в серійних автомобілях?
6. Які складові компоненти проекційної системи та за яким принципом вона працює?
7. Яка інформація виводиться на екран проекційного дисплея?
8. Як працює мобільний проекційний дисплей?
9. Які складові компоненти системи виявлення пішоходів?
10. Назвіть виконавчі пристрої системи Bike Sense.
11. Які алгоритми закладені в роботу системи попередження про велосипедистів?
12. На якому принципі працює система електронного стоп-сигналу (Electronic Brake Light)?
13. Як працює система допомоги при парковці?
14. Для чого призначена система кругового огляду і як вона влаштована?
15. Як влаштована система допомоги при перестроюванні?
16. Для чого потрібна автомобільна система нічного бачення, як вона влаштована і працює?
17. Розкажіть алгоритм роботи системи розпізнавання дорожніх знаків.

## 13 ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ В САЛОНІ АВТОМОБІЛЯ

Розвиток систем внутрішнього обігріву та вентиляції транспортних засобів йшов з наростаючою швидкістю майже з перших днів автомобіля. Лише поява кондиціонування повітря була одним із самих помітних етапів на цьому шляху. Проте комфорт в салоні автомобіля, який ми тепер вважаємо чимось буденним і природним, починався з декількох екзотичних рішень, і розвиток технологій в цій області електричних систем автомобіля триває й досі.

В якості самого раннього прикладу електричного обігріву на автомобільному транспорті, можна назвати пару рукавичок з нагрівальними елементами, вшитими в матеріал, вироблені ще в 1920 році. Нагрівальні елементи у цих рукавичках були з'єднані з електричною системою автомобіля й працювали як невеликі електричні грубки. Хоча... трохи хвилює думка, що трапилося б з водієм і машиною у випадку короткого замикання під час руху...

Як би там не було, а сучасні системи лежать у діапазоні від елементарних повітропроводів гарячого/холодного повітря до складних автоматичних систем керування температурою і кліматом.

Система опалення, вентиляції та кондиціонування автомобіля призначена для створення і підтримки комфортних умов в салоні автомобіля. Система, по суті, складається з трьох різних систем, об'єднаних виконанням однієї загальної функції.

**Система опалення** служить для обігріву салону автомобіля. Типова конструкція системи опалення включає обігрівач змішувального типу, відцентровий вентилятор і напрямні канали з заслінками.

Напрямок теплого повітря здійснюється зазвичай до вітрового скла, бічних передніх вікон, в салон автомобіля на рівні обличчя і ніг людини. Для швидкого нагріву в автомобілях використовуються електричні нагрівачі вітрового і заднього стекол.

**Система вентиляції** служить для охолодження повітря в салоні автомобіля, а також його очищення. Вона використовує

конструктивні елементи системи опалення (вентилятор, направляючі канали). Система вентиляції також комплектується фільтром очищення (т.зв. салонним фільтром). Фільтр затримує пил і тверді частинки, а також може вловлювати запахи і шкідливі речовини. Для зменшення нагрівання салону автомобіля використовуються атермальні стекла.



Рисунок 13.1 – Повітропровід сучасного легкового автомобіля

**Система кондиціонування** служить для створення мікроклімату в салоні автомобіля. Система має можливість, як охолоджувати, так і нагрівати повітря в салоні автомобіля. Типова система кондиціонування включає автомобільний кондиціонер.

Сучасні автомобілі обладнуються **системою клімат-контролю**. Такі системи підтримують задані параметри мікроклімату в салоні автомобіля незалежно від температури зовнішнього повітря. Конструкції окремих кліматичних установок передбачають роздільне регулювання температури в різних частинах салону автомобіля, т.зв. роздільний клімат-контроль.

До будь-якої системи нагрівання й вентиляції пред'являється набір вимог, що впливає з різних стандартів. Для засобів транспорту ці вимоги можуть бути підсумовані наступним

чином:

- регульована температура в салоні транспортного засобу;
- максимально швидке надходження тепла;
- розподіл тепла по різних частинах транспортного засобу;
- провітрювання салону зовнішнім повітрям з мінімальним шумом;
- усунення запотівання вікон;
- спрощення керування.

Наведений список вимог ні в якому разі не є повним і незмінним, він лише вказує на те, що потрібно від системи обігріву й вентиляції. Адже чим складніше система, тим більший кількості пропонованих вимог вона повинна задовольняти. Ця кількість виконуваних функцій безпосередньо пов'язана з вартістю системи.

Далі ми більш докладно розглянемо деякі технічні рішення використовувані на сучасних транспортних засобах. На рис. 13.2 показана залежність температури в середині автомобіля, сприймана людиною як комфортна, від зовнішньої температури.

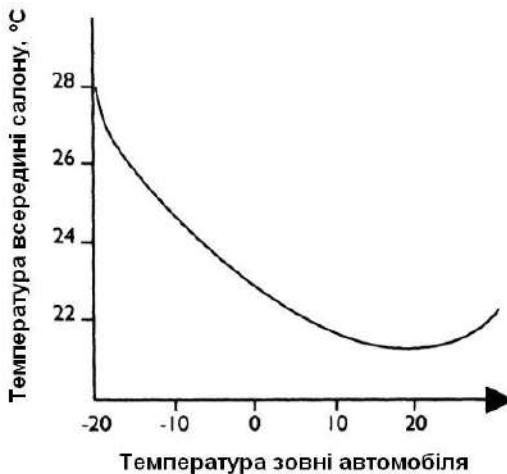


Рисунок 13.2 – Уявлення про комфортну температуру

### 13.1 Вентиляція

Щоб дозволити свіжому повітрю зовні транспортного засобу циркулювати всередині салону, повинна з'явитися різниця тиску. Це досягається шляхом використання камери тиску. Камера тиску за визначенням, містить газ (в даному разі це повітря) під тиском вищим, чим навколишній тиск.

В автомобілі камера тиску зазвичай розташовується трохи нижче вітрового скла, за підкапотним простором. Коли транспортний засіб рухається, повітряний потік над автомобілем створює більш високий тиск у вказаній області. На рис. 13.3 показаний ефект камери тиску. Використовуються відповідні створки й канали, щоб запобігти потраплянню в автомобіль води через цей канал.

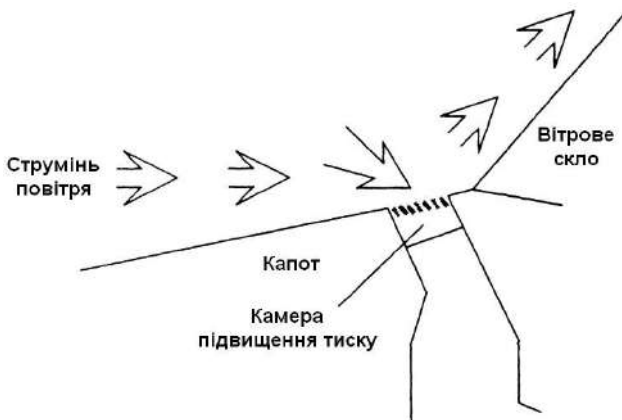


Рисунок 13.3 – Устрій камери тиску в автомобілі

За допомогою розподільних магістралей, керуючих відкидних стулок і підходящих сопел, повітря може бути спрямоване туди, куди потрібно. Ця система доповнюється мотором зі змінюваною швидкістю, який створює додаткове наддування.

На рис. 12.4 показане розміщення вузлів типової системи вентиляції та обігріву салону автомобіля.

Коли додаткове повітря нагнітається в кабінку транспортного засобу, внутрішній тиск збільшився б, якби для повітря не було

передбачено ніякого виходу. Однак більшість легкових автомобілів має заграбовані вихідні отвори на кожній стороні автомобіля вище або поблизу задніх панелей або дверей.

### 13.2 Система обігріву салону – двигун з водяним охолодженням

Для збільшення температури усередині автомобіля використовується тепло від двигуна. Це досягається за допомогою теплообмінника, називаного матрицею нагрівача, або радіатором обігрівача. Завдяки дії термостата в системі охолодження двигуна підтримується приблизно постійна температура охолодної рідини. Це дозволяє нагрівати повітря яке проходить через радіатор обігрівача, до температури, що залежить від температури зовнішнього повітря й швидкості повітряного потоку.

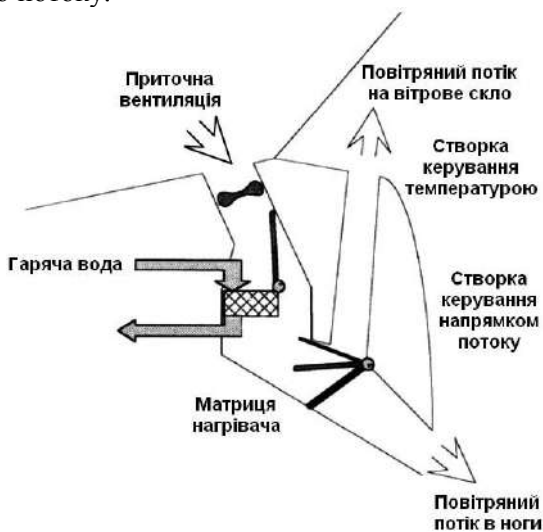


Рисунок 13.4 – Типова система вентиляції й обігріву

У такий спосіб створюється джерело гарячого повітря для нагрівання внутрішнього простору транспортного засобу. Однак необхідно якимось чином управляти надходженням тепла. На більшості сучасних транспортних засобів використовується метод змішування.

Це найпростіша керована відкидна стулка, яка визначає, яка частина повітря, що надходить в автомобіль, буде спрямована до радіатора обігрівачі. Головний недолік цієї системи – зміна повітряного потоку залежно від швидкості транспортного засобу. Деякі системи використовують клапан, щоб регулювати потік гарячої рідини, що тече через обігрівач.

За допомогою системи створок можна спрямовувати повітря заданої температури в обрані області усередині транспортного засобу. Найчастіше системи дозволяють направляти тепле повітря у внутрішній простір між вітровим склом і підлогою у водія й пасажирів.

Більшість транспортних засобів також має маленькі вентиляційні отвори, що направляють тепле повітря на бічні стекла водія й переднього пасажира. Крім цього, установлюються отвори з соплами, що направляються для припливу в салон свіжого повітря зовні. І, нарешті, на багатьох транспортних засобах можливо зробити вибір між зовнішнім повітрям або повітрям, що багаторазово циркулює усередині салону.

Основна причина для вибору такого режиму полягає в тому, щоб зменшити час, необхідний для запобігання запотівання або для розморожування стекол автомобіля й для прискорення елементарного прогріву салону автомобіля. Інша причина полягає в тому, що зовнішнє повітря при надмірно інтенсивному транспортному русі, можливо, не відрізняється чистотою.

### **13.3 Мотори повітрянагрівача**

Для збільшенні повітряного потоку використовуються звичайні мотори з постійними магнітами й двома щітками. Вентилятор наддування – зазвичай відцентрового типу, і в багатьох випадках лопаті розмішені асиметрично, щоб зменшити резонансний шум. На рис. 13.5 показаний типовий пристрій наддування повітря з мотором і вентилятором.

Зміна напруги живлення регулює швидкість мотора. Це досягається при використанні дільників напруги на основі резисторів. У деяких випадках швидкість обертання можна зробити плавно змінюваною за допомогою змінного резистора. У більшості випадків керування мотором зводиться до вибору з набору трьох або чотирьох швидкостей.

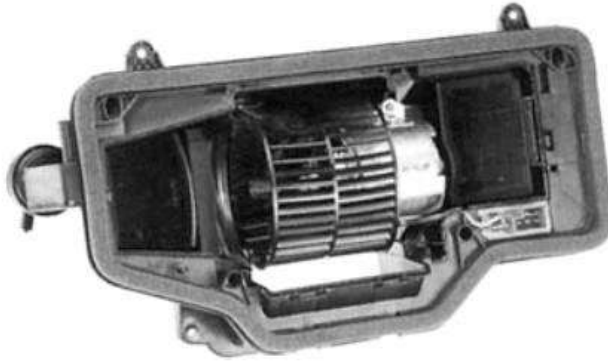


Рисунок 13.5 – Електродвигун повітрянагрівача, змонтований у кожусі відцентрового вентилятора

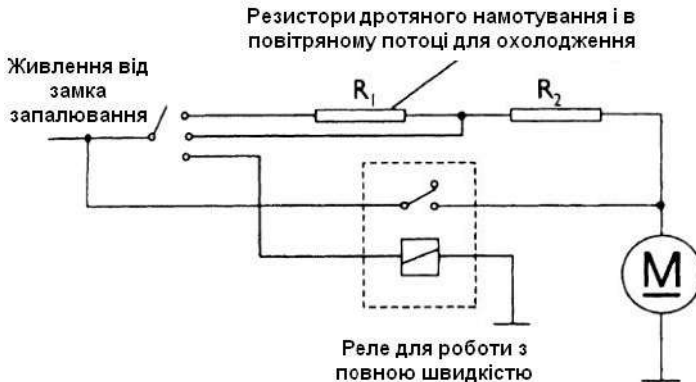


Рисунок 13.6 – Типова схема системи керування двигуном із трьома швидкостями

Резистори, зазвичай дротяного типу, розміщуються в повітряному потоці для запобігання їх перегріву. Ці резистори мають низькі значення опору, порядку 1 Ом або менше.

### 13.4 Електронний контроль системи обігріву салону

Більшість транспортних засобів, які мають електронний контроль системи обігріву, постачені також системою кондиціонування повітря. На рис. 13.7 показана блок-схема системи обігріву транспортного засобу, яка управляється за

допомогою електроніки. У цій системі потрібно керувати мотором наддування повітря, створкою змішування потоків, створками напрямку й створками вибору свіжого або рециркульованого повітря.

Система регулювання має один або кілька температурних датчиків, розміщених у салоні автомобіля, які забезпечують інформацією електронний блок керування (ECU). ECU реагує на інформацію, отриману від цих датчиків, і встановлює в потрібні положення регульовані елементи системи.

Керування фактично зводиться до простої системи зворотного зв'язку із замкненим контуром, параметром якої є температура повітря. ECU повинен порівнювати положення перемикача керування температурою з інформацією від датчиків і або охолоджувати, або нагрівати автомобільний салон до необхідного значення.

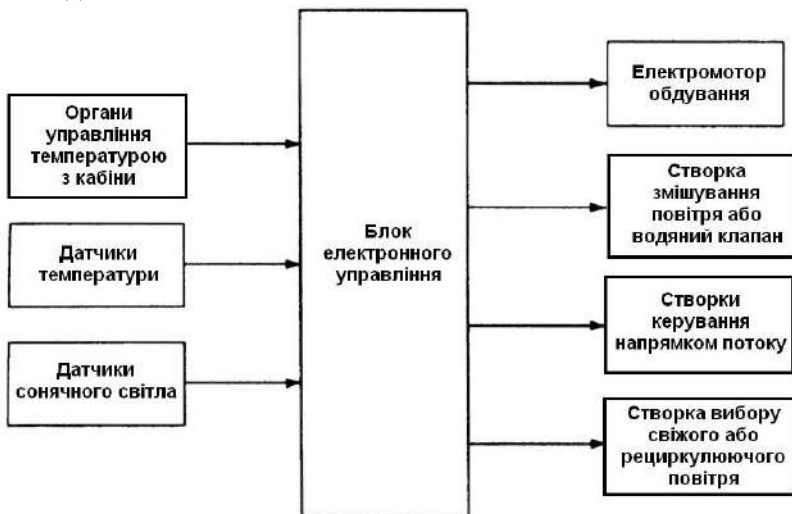


Рисунок 13.7 – Система обігріву автомобіля керована за допомогою електроніки

### 13.5 Принцип роботи автомобільного кондиціонера

Автомобільний кондиціонер працює по тому ж принципу, що й звичайний побутовий холодильник, хоча й улаштований по-іншому. В основу роботи цих пристроїв покладений ефект

Джоуля-Гомсона – зниження температури робочого тіла при дроселюванні.

Дроселюванням називається зниження тиску робочої речовини при протіканні її через звуження в каналі або який-небудь місцевий опір (шайба, капілярна трубка, терморегулювальний вентиль).

Основна функція кондиціонерів – обробка внутрішнього повітря в салоні, оскільки кондиціонери лише забезпечують комфортну для людини температуру, а саме охолодження або обігрів повітря. Кондиціонери мають додаткові функції:

- режим осушення – неконтрольоване осушення повітря;
- режим сну;
- режим автоматичного розморожування;
- захист від влучення вологи;
- регулювання напрямку повітряного потоку;
- фільтр грубого очищення повітря – у всіх кондиціонерів;
- різні фільтри тонкого очищення повітря;
- іонізація, усунення запаху, мікробів та інші функції, що впливають на якість повітря.

Додаткові функції відрізняються в різних моделях і різних фірм.

На відміну від спліт-систем, що складаються із одного внутрішнього й одного зовнішнього блоків, що, втім, майже ідеально підходить для забезпечення комфортних умов в окремих приміщеннях, або таких, що одержали широке – поширення інвертерних систем кондиціонування зі змінною продуктивністю й вільною комплектацією внутрішніми блоками різної потужності, система кондиціонування повітря в автомобілі найбільш близька до мультizonальних систем зі змінюваною витратою холодоагенту (VRF).

У приміщеннях об'єктів нерухомості такі системи дозволяють приєднувати до одному зовнішньому блоку від двох до декількох десятків внутрішніх блоків різних моделей, притім відстань між зовнішнім і внутрішнім блоками може досягати 100 м, а перепад по висоті – до 50 м.

З іншого боку, автомобільний кондиціонер являє собою герметичну систему, заповнену фреоном і спеціальним компресорним маслом, розчиненим у рідкому фреоні. Масло

необхідне для змащення компресора й деяких компонентів системи.

Існують кілька типів розташування вузлів систем автомобільних кондиціонерів, але, незважаючи на деякі відмінності, їх принципова схема однакова. Далі розглянемо найпоширеніший варіант.

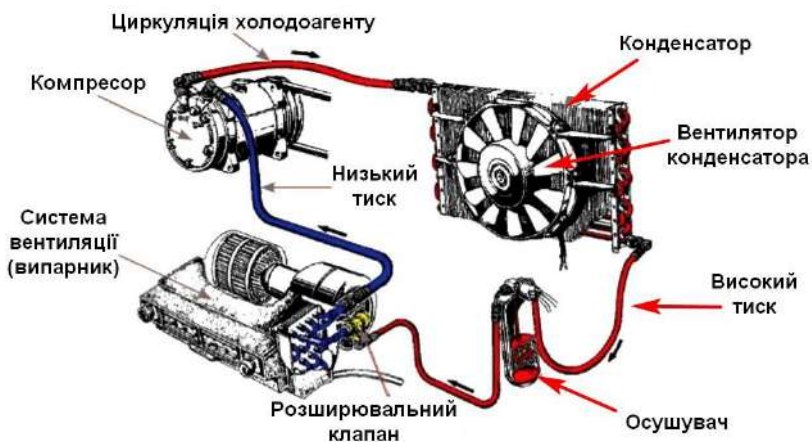


Рисунок 13.8 – Схема роботи автомобільного кондиціонера

При включенні кондиціонера спрацьовує електромагнітна муфта компресора й притискний диск примагнічується до шківів компресора (шків приводиться в рух ременем від колінчатого вала двигуна й, навіть коли кондиціонер виключений, постійно обертається).

Тепер почав працювати компресор. Компресор стискає газоподібний фреон, тому той сильно нагрівається, і жене його по трубопроводу в конденсатор. Конденсатор часто називають конденсором або радіатором кондиціонера. У конденсорі сильно нагрітий і стислий фреон охолоджується. Охолодженню фреону допомагає вентилятор. При русі автомобіля конденсатор додатково проохолоджується потоком зустрічного повітря.

Охолоджений, стислий фреон починає конденсуватися й виходить із конденсатора вже рідким. Після цього рідкий фреон проходить через ресивер-осушувач. Тут від нього

відфільтровуються шлаки (продукти зношування компресора, пил, бруд, тощо).

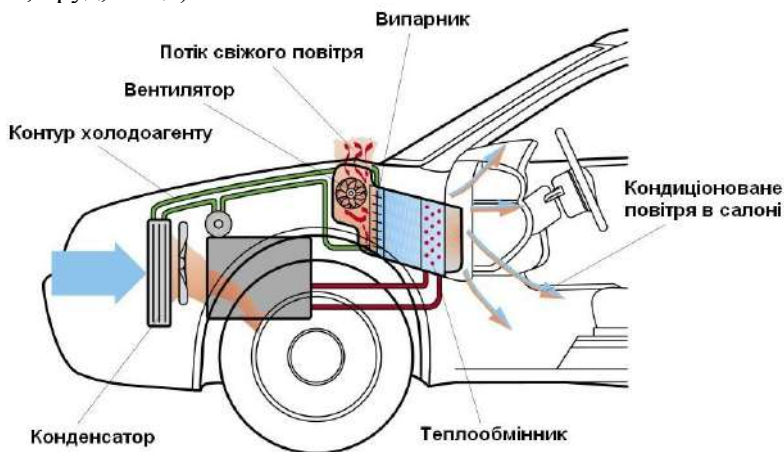


Рисунок 13.9 – Схема розміщення кондиціонера на автомобілі

Часто на ресивері-осушувачі є оглядове вікно, яке дозволяє візуально оцінити заповнювання системи фреоном. Якщо система неповна, то при роботі компресора у вічку буде видно молочно-білу піну.

Очищений у ресивері-осушувачі, рідкий фреон підходить до терморегулювального вентиля (ТРВ). ТРВ являє собою спеціальний пристрій, що регулює різницю температур на виході з випарника й ступінь кипіння холодоагенту – перегрів пари що виходить із випарника.

ТРВ установлюють на трубопроводі, по якому рідкий фреон надходить у випарник. Якщо випарник повністю заповнений рідким фреоном, то з нього виходить насичена пара, температура якого дорівнює температурі кипіння, і регулювальний орган ТРВ закривається. Якщо з випарника виходить пара, перегрів якої перевищує установку ТРВ, то регулювальний орган ТРВ відкривається настільки, щоб площа його прохідного перетину відповідала припустимій величині. По суті, ТРВ є автоматично регульованим дроселем.

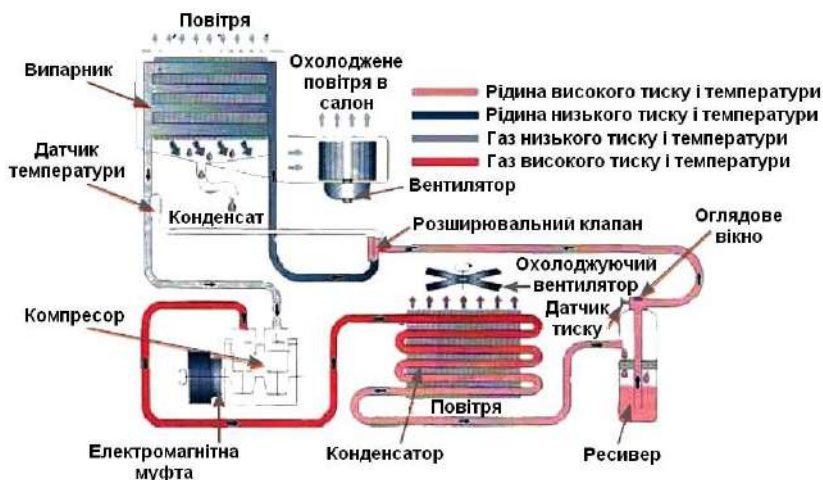


Рисунок 13.10 – Схема взаємодії основних пристроїв кондиціонера із вказівкою напрямків циркуляції повітряних потоків

Проходячи через ТРВ і потрапляючи у випарник, фреон переходить у газоподібний стан (кипить) і при цьому сильно охолоджується, охолоджуючи й випарник, а вентилятор «здуває» з випарника холод у салон автомобіля. Пройшовши через випарник, усе ще досить холодний фреон попадає знову в компресор. І далі процес повторюється.

За правильною роботою системи стежать різні датчики. Їхня кількість залежить від типу й моделі кондиціонера. У нашій схемі на ресивері-осушувачі стоїть датчик включення другої швидкості вентилятора. Коли охолодження конденсора недостатнє, тиск у напірній магістралі стрімко росте, а фреон у конденсорі перестає конденсуватися. Датчик реагує на стрибок тиску й включає вентилятор на повну потужність.

Датчик виключає компресор при значному підвищенні тиску в напірній магістралі. Датчик виключає компресор при занадто низькій температурі випарника.

Частина системи від компресора до ТРВ називається напірною магістраллю. Її завжди можна визначити по тонких трубках, які теплі або інколи навіть гарячі.

Частина системи від випарника до компресора називається зворотною магістраллю, або магістраллю низького тиску. Вона робиться з товстих трубок і на дотик холодна.

Якщо в напірній магістралі під час роботи компресора тиск коливається від 7 до 15 атмосфер (в аварійних випадках і до 30), то у зворотній магістралі тиск не перевищує 1-2 атм. Коли кондиціонер виключений, тиск в обох магістралях зрівнюється й становить близько 5 атмосфер. Точні дані по величинах тиску та інші характеристики систем кондиціонування конкретних моделей автомобілів, наведені в спеціальних довідниках (електронних базах виробника).

### ***Основні пристрої автомобільного кондиціонера й організації циркуляції повітряних потоків.***

Під терміном кондиціонування повітря мається на увазі створення й автоматичне підтримування необхідної температури повітряного середовища в приміщенні (салоні автомобіля). В загальному випадку поняття «кондиція повітря» містить у собі його наступні параметри: температура, вологість, швидкість руху, чистота, наявність неприємних запахів, тиск, газовий та іонний склад.

Кондиціонування повітря забезпечується застосуванням спеціальних систем. Під терміном системи кондиціонування повітря (СКП) мається на увазі комплекс пристроїв, призначених для створення й автоматичної підтримки в приміщеннях, що обслуговуються, заданих величин параметрів повітряного середовища.

Зазначений комплекс може містити в собі наступні складові частини:

- 1) установку кондиціонування повітря (УКВ), що забезпечує необхідні параметри повітряного середовища по температурі й вологості, чистоті, газовому складу й наявності шкідливих запахів;

- 2) засоби автоматичного регулювання й контролю над підготовкою повітря потрібних кондицій, а також підтримки в приміщенні заданих величин параметрів повітря;

- 3) пристроїв для транспортування й розподілу кондиціонованого повітря;

- 4) пристроїв для транспортування й видалення надлишків

внутрішнього повітря;

5) пристроїв для глушіння шуму, викликуваного роботою елементів СКП;

6) пристрою для підготування й транспортування джерел енергії (електричного струму, холодного й теплого середовищ), необхідних для роботи апаратів у СКП.

Залежно від конкретних умов деякі складові частини СКП можуть бути відсутні.

Класифікацію СКП можна провести по наступним п'яти ознакам: призначенню, характеру зв'язку із приміщенням, що обслуговується, способу постачання холодом, схемі обробки повітря в пристрої кондиціонування і величині тиску, що розвивається вентиляторами.

По призначенню СКП можна підрозділити на три види: технологічні, технологічно комфортні й комфортні.

Автомобільні СКП є комфортними, вони повинні забезпечити найбільш сприятливі умови для водія.

Працездатність і самопочуття людини значною мірою визначаються тепловим балансом його організму й найбільш оптимальні в умовах навколишнього повітряного середовища на рівні теплового комфорту.

Автомобіль – це свого роду «будинок на колесах». Багато з нас проводять тут чималу частину життя. Свіже чисте повітря, тепло або прохолода є необхідними елементами комфорту, без яких будь-яка поїздка перетвориться в справжні муки.

Опалювати салон довгий час вважалося розкішно. Кращим рішенням виявився водяний нагрівник (радіатор з вентилятором), підключений паралельно системі рідинного охолодження двигуна.

Інтенсивність обігріву регулювалася краном подачі гарячої води й лючком забору повітря перед вітровим склом. Поступово водяні нагрівники ввійшли в широкий побут. Ці грубки не тільки обігрівали ноги водія й пасажира який сидів поруч, але й служили «дефростером» (розморожувачем) вітрового скла.

Блок-зв'язка «водяний нагрівник-вентилятор» багато десятиліть виступав в ролі основної кліматичної установки в автомобілі. Поступово вдосконалювалися системи регулювання температури, змішування й розподілу гарячого й холодного

повітря. З'явилися автомобілі, де тепло подавалося в зону під задніми сидіннями, приємно зігріваючи ноги пасажирів.

Подальші технічні вдосконалення дозволили гаряче повітря направляти по низу салону (до ніг), тепле – приблизно посередині (на рівні пояса та грудей), а холодне повітря – наверх (до обличчя).

Тришаровий (по висоті) розподіл теплого повітря привів до значного ускладнення приладів керування нагрівником. Запити споживачів з кожним роком ставали усе різноманітнішими та вибагливішими.

Тому зараз у багатьох нових моделях водій і пасажир можуть незалежно, кожен на свій смак, регулювати температуру потоку повітря й деякі інші характеристики.

Із появою мінівенів, в яких у салоні були трирядні сидіння, довелося створити ще більш складні системи опалення й вентиляції. На деяких моделях мінівенів, тепле (або холодне) повітря надходить до заднього ряду крісел. На окремих моделях середнього й вищого класів передбачена подача підігрітого повітря на стекла передніх дверей через повітроводи з гумовими гармошками – такий обігрів став необхідністю: у холодний час через запітнілі вікна передніх дверей не видно зовнішні дзеркала заднього виду.

Та й самі нагрівники стали більш потужними – їх вентилятори вже стали оснащувати трьох-, п'яти- і багатоступінчастими регуляторами швидкості. А сам вентилятор ставав усе більш продуктивним. У жаркий час, особливо якщо в машині, крім водія, є й пасажир, необхідний інтенсивний обмін повітрям. Якщо в 50-ті роки ХХ ст. вентилятор у найкращому разі (і тільки на таких дорогих автомобілях, як «Роллс-Ройс» або «Ягуар») «проганяв» через салон 150-180 кубометрів повітря на годину, то зараз цей показник виріс в 2,5-3 рази! Проте в зоні магістралей, оскільки транспортний потік став набагато інтенсивнішим, різко зросла загазованість шкідливими викидами, кіптявою, гумовим пилом, і в результаті потрібна була фільтрація повітря яке надходить в салон автомобіля. Такий фільтр, що вловлює майже 100 % часток у повітрі розміром не менше п'яти мікронів і затримуючий навіть деякі газоподібні домішки, розміщується після ґрати повітроприймача внизу вітрового скла.

Фільтруючий вкладиш треба міняти приблизно раз у рік або після пробігу в 15 000 км. Іноді є сенс повністю ізолювати салон автомобіля від зовнішньої атмосфери (у дорожніх пробках, тунелях, при русі за дизельним автопоїздом та в інших випадках).

Оскільки поворотних кватирок у дверях уже давно немає, дверні ущільнювачі дуже надійні, а щілин і наскрізних отворів у кузові практично немає, то добитися герметичності салону цілком реально. Вентилятор буде «ганяти» у закритому внутрішньому просторі машини той самий обсяг повітря – рециркулювати його. Звичайно, довгий час зберігати такий режим не вдасться – кисень із повітря поступово зникне. Але як тимчасовий вихід з положення рециркуляція потрібна й корисна.

Гарну кліматичну установку, тобто ефективний нагрівник і вентилятор, усе частіше оснащують керуючою автоматикою: комп'ютер, орієнтуючись на задану водієм температуру в салоні, буде зчитувати показання датчиків поза кузовом і усередині й віддавати команди кранам, електромоторам, заслінкам та іншим пристроям, тим самим постійно підтримуючи необхідний температурний режим.



Рисунок 13.11 – Зовнішній вигляд компресора автомобільного кондиціонера

На сьогоднішній день автоматичним клімат-контролем обладнано багато моделей, включаючи й малолітражні. Але

клімат-контроль повинен уміти не тільки підвищувати, але, якщо потрібно, і знижувати температуру в автомобілі. Встановити ж у салоні більш прохолодну й менш вологу «погоду», ніж за вікном, можна тільки за допомогою кондиціонера. Цим складним агрегатом машини, як правило, комплектуються на заводі-виготовлювачі на замовлення покупця, причому за додаткову плату. Монтаж безпосередньо в дилера обійдеться в 1,5-2 рази дорожче, чим на конвеєрі.

У системі кондиціонування повітря по замкненому контуру трубопроводів компресор «ганяє» холодоносії (холодоагент) – газоподібну речовину («фреон» або R134-a), яка циклічно переходить у рідку фазу й навпаки, – при цьому вона періодично охолоджується й «віднімає» тепло з повітря, що надходить у салон.



Рисунок 13.12 – Пульт керування клімат-контролем автомобіля Kia Sportage

На пульті керування кліматичною установкою автомобіля зазвичай є дисплеї, на якому вказується температура за бортом автомобіля й у салоні; кнопки рівнів подачі повітря та автоматичного режиму створення клімату в салоні.

Компресор, конденсатор з вентилятором, осушувач, кліматичний блок з теплообмінником і керуючими приладами

займають досить значний обсяг. Вузли кліматичної установки вже не можуть розміщатися під панеллю приладів, як було колись. Елементи конденсатора стали розташовувати в моторному відсіку, як і блок нагрівник-вентилятор з фільтром. Тільки функції керування зосереджені як і раніше на панелі приладів в салоні автомобіля.

У цілому ж уся кліматична установка, у якій системи вентиляції, опалення, фільтрації повітря, кондиціонер і керуюча автоматика є складовими елементами, може застосовуватися на легкових автомобілях будь-якого класу. Кондиціонування повітря – це регулювання температури, вологості, очищення й циркуляція повітря. Аналогічне кондиціонування автомобіля – це не просто штучне охолодження повітря, але й створення комфортності для водія й пасажирів шляхом підтримки мікроклімату усередині салону, видалення вологи, пилу й забрудненого повітря.

При змазуванні спиртом шкіри можна відчувати прохолодь, це пов'язане з тим, що спирт, випаровуючись із поверхні шкіри, віднімає тепло. Аналогічним чином прохолодь, що виникає при розбризкуванні води у дворі влітку, пояснюється випаром схованого тепла, що віднімається з повітря над поверхнею землі.

Говорять, що за старих часів в Індії воду в глиняному чані для охолодження на ніч ставили назовні. Це можна пояснити тим, що зовнішнє повітря, стикаючись із поверхнею чана, віднімає сховане тепло у води, що потроху випаровується в результаті проходження через численні отвори поверхні чана, і робить воду чана холодною.

Якщо упорядкувати викладене, то дія системи кондиціонування опирається на три наступні фізичні закони:

1) тепло завжди переміщається з фізичного тіла з високою температурою у фізичне тіло з низькою температурою. Тепло є одним з видів енергії, а температура – однією з одиниць виміру величини енергії;

2) для перетворення рідини в газоподібний стан необхідне тепло. Наприклад, при випарі води кип'ятінням, відбувається велике поглинання кількості тепла, і температура води не змінюється, навпаки, якщо в газоподібній речовині забирати тепло, то воно перетворюється в рідину. Температура, при якій кипить вода й виходить водяна пара, пов'язана з тиском. Точка

кипіння підвищується з підвищенням тиску;

3) якщо стиснути газ, то температура й тиск газу зростають. Наприклад, якщо в дизельному двигуні поршень рухається знизу вгору, температура повітря піднімається через стиск. При цьому якщо в циліндр впорскується паливо, то негайно відбудеться вибух суміші.

Якщо вищевказані закони застосовувати відносно до основного циклу охолодження, то це виглядає в такий спосіб.

Холодоагент у рідкому стані, перетворюючись у газоподібне тіло, поглинає з атмосфери тепло (закони 1 і 2). Високотемпературний газ, стискуючись, досягає високої температури, набагато більшої, ніж температура навколишнього повітря (закон 3). Навколишнє повітря (температура нижче, чим температура газу в системі), поглинаючи тепло, перетворює газ у рідину (закони 1 і 2). Таким чином, рідина, вертаючись до початкової точки циклу, використовується знову.

*Для одержання низької температури повітря* досить відняти «сховане» тепло паркої речовини, яка здійснюється двома способами. Перший спосіб – це використання спирту або води й відбирання «схованого» тепла випару з навколишніх речовин. Другий спосіб – це заморожування з використанням холодоагенту, а також хімічних і механічних установок.

Якщо представити, що зараз двір поливається замість води речовиною, що володіє більшим «схованим» теплом, то можна відчутти не тільки прохолодь, але й холод. Хоча подібним способом можна одержати низьку температуру, однак з метою безпеки й економічності експлуатації був створений спеціальний апарат, називаний холодильною установкою.

#### ***Як працює кондиціонер.***

Холодоагент циркулює по лінії закритого контуру і його складових частин. Подібні цикли холодоагент змушений безупинно повторювати, і це називається циклом холодоагенту. Явище, що виникає залежно від циркулювання холодоагенту в межах циклу, пов'язане зі зміною кожного значення тиску й температури при перетворенні холодоагенту в газ і конденсації знову в рідину.

Система охолодження опирається на кілька незмінних фізичних законів. Подібні закони впливають із обговорення про

те, які явища викликає холодоагент при роботі системи охолодження.

Газ холодоагент всмоктується й стискується компресором до високих температури й тиску ( $80^{\circ}\text{C}$ ,  $15 \text{ кг/см}^2$ ) і потім випускається. Холодоагент, випущений з компресора, надходить у конденсатор і примусово охолоджується вентилятором системи охолодження, при цьому віддаючи «сховане» тепло конденсації повітрю, що проходить через конденсатор, перетворюється в рідину.

Температура при цьому становить близько  $+50^{\circ}\text{C}$ . Перетворений у рідину холодоагент після видалення вологи й пилу в приймачі-осушувачі надходить на розширювальний клапан. Рідкий холодоагент високого тиску в розширювальному клапані, різко розширюючись, перетворюється в холодоагент туманоподібного стану з низькими температурою й тиском ( $-2^{\circ}\text{C}$ ,  $2,0 \text{ кг/см}^2$ ), такий холодоагент далі тече у випарник.

Холодоагент у туманоподібному стані, увійшовши у випарник і проходячи через вентилятор, віднімаючи «сховане» тепло випару в стисненого повітря, охолоджує повітря навколо. Одночасно з охолодженням з туманоподібного стану, він перетворюється в газоподібний стан і всмоктується компресором для повторного циклу.

Подібним чином холодоагент, повторюючи кругообіг по циклу, здійснює охолодження. Загалом, для перетворення газу в рідину досить нагнати тиск, але для полегшення перетворення в рідину одночасно з нагнітанням тиску його охолоджують. Для цього в сучасних холодильних установках необхідні компресор і конденсатор.

### ***Цикл охолодження або особливості холодоагентів.***

Холодоагент є легко летучою речовиною, що відіграє роль передавача тепла при циркуляції усередині контуру охолодної системи. Є кілька видів холодоагенту фреонового ряду: R-11, R-12, R-14, R-21, R-22. З них в автомобілях застосовується фреон R-12 і R-134.

З'ясовною причиною неможливості використання в автомобілях інших холодоагентів фреонового ряду є наступні особливості:

- R-11: якщо перевищити точку кипіння  $23,77^{\circ}\text{C}$ , то добре

поширюється в мастилах. Тому використовують в якості очисного засобу системи кондиціонування автомобіля;

- R-14: точка температури перетворення газу в рідину -  $45,5^{\circ}\text{C}$ , яка дуже низька;
- R-21: отрутна й висока точка кипіння;
- R-22: має властивості розчинення гуми, не можна використовувати прокладки з гуми.

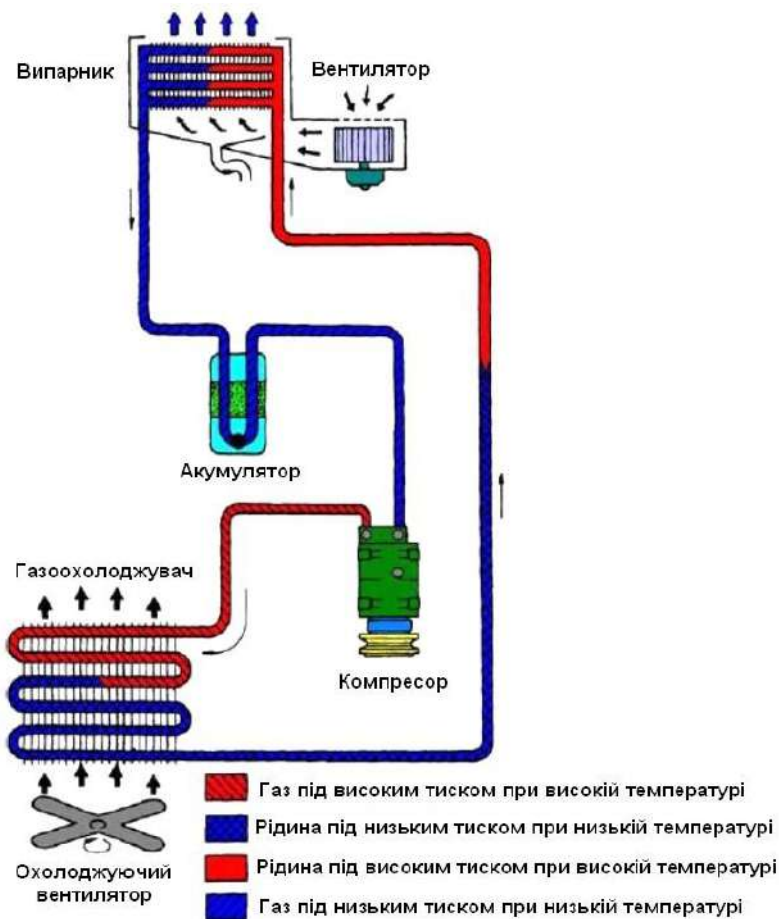


Рисунок 13.13 – Ілюстрація схеми плинну холодоагенту по комунікаціях

Особливості фреонового газу R-134A, використовуваного в автомобілях, наступні: 1) велика «схована» теплота випару й легко перетворюється в рідину; 2) не горить і не вибухає; 3) хімічно стійкий і не міняється; 4) не отрутний, немає властивості окиснення; 5) не псує продукти харчування й одяг; 6) легко придбати.

Відповідно Міжнародному монреальському протоколу, об'єктами по обмеженню застосування речовин, що руйнують озонні шари, було прийнято 5 речовин фреонового ряду: R-11, R-12, R-113, R-114, R-115. Хоча по строках із січня 1996 року діє повна заборона виробництва й застосування речовин, що руйнують озонні шари.

Саме тому всі сучасні автомобілі заправляють більш безпечним фреоном R134A. Дослідження цього газу показали, що не розкладений фреон при досягненні шарів стратосфери в великій кількості ви-виділяється в тропосферу Земної кулі і руйнує озонні шари, розкладаючись під впливом сильних ультрафіолетових променів з космосу, застосування холодоагенту автомобільного кондиціонера.

**Компресорне масло в системі змащення кондиціонування повітря.** З масел застосовується поліалкіленове – гліколеве масло (PAG) з холодоагентом (R-134a) і мінеральне – раніше – з R-12.

В автомобілях із сучасним холодоагентом R-134a у якості змащення ущільнювального кільця, при роботі в сполучних частинах застосовується компресорне масло зі специфікацією, використовуваної в застарілих холодоагентах (R-12).

При роботі головної магістралі й магістралей потрібна обережність, тому що під час змазування компресорним маслом основного холодоагенту (R-134a) на ущільнювальному кільці виникає явище гідрогенізації.

При роботі на головній магістралі й магістралях потрібна обережність, тому що при зіставленні поглинальності компресорного масла холодоагенту (R-134a) за інших рівних умов її значення зразкове в 180 раз вище, чим у компресорного масла раніше застосовуваного холодоагенту.

При компресорному маслі в автомобілів з новим холодоагентом (R-134a) обсяг заправлення такий же, що в

автомобілів зі старим холодоагентом (R-12). Через швидкий розвиток компресорів, розробок полегшених малих компресорів і застосування нових видів холодоагенту, ще сильніше підвищуються вимоги до ролі охолодного масла.

Роль охолодного масла важлива як ланка способу для забезпечення тривалої безпеки системи кондиціонування й стійкості до більш високої й низької температур.

Якщо подивитися роль охолодної рідини в системі, то в компресорі ділянка вихідного клапана є найбільш високотемпературним місцем. На цій ділянці утворюється вуглець, і не можна допустити його нашарування.

Найбільша кількість масла, що входить у систему холодоагенту, разом з рідким холодоагентом повинна підтримувати рідкий стан, щоб не перешкоджати теплообміну або плин у від затвердіння на стінах конденсатора. Трубопровід рівного тиску й розширювальний клапан, масло не повинні містити твердих речовин, що заважають розширенню, а також створювати подібних речовин.

Під час охолодного циклу масла у випарнику, що є найбільш низькотемпературною частиною, не повинно створюватися кристалічних опадів. Крім того, масло не повинне містити вологу й твердіти. При виникненні подібних явищ вони переривають плин холодоагенту й зменшують ефективність охолодження.

Охолодне масло повинне мати специфічні особливості, яких не мають звичайні змащувальні масла. Хоча звичайне змащувальне масло в основному повинне відповідати тільки вимогам по змащувальній характеристиці, а охолодне масло повинне бути таким, щоб при змішуванні з холодоагентом і низькій температурі не затвердівати, при високій не окислятися, не вступати в хімічну реакцію з холодоагентом, не викликати аварії, вступаючи в реакцію з використовуваним в устаткуванні матеріалом.

У якості одного зі способів оцінки стабільності охолодного масла проводять випробування в герметизованій жаростійкій скляній іспитовій трубці, помістивши в неї реально застосовуваний у компресорі холодоагент (R-12), метал (Fe, Cu) і масло. При випробуванні на герметизованій трубці використовують масло 0,5 мл, холодоагент R-12 0,5 мл.

Поклавши в якості каталізатора мідь і залізо, нагрівають до температури 175°C протягом 14 днів, вимірюють кількість розкладеного холодоагенту.

Охолодне масло стикається з холодоагентом при низькій температурі. Мало того, що бажане спільне співіснування з холодоагентом при низькій температурі, необхідно ще, щоб воно не розклало віск на віскоподібні відкладання.

Охолодне масло навіть при низькій температурі не твердіє, тобто має низьку температуру плинності й одночасно важко розкладає осад, і чим менше розкладання, тим краще.

При надмірному рафінуванні охолодного масла різко зменшуються ароматичні компоненти. Хоча серед ароматичних компонентів речовини з поганою хімічною стабільністю, але якщо ароматичні компоненти чисті, то виникає активний вплив цих компонентів на стабільність до окиснення й граничний тиск. Тому є необхідність застосування ручного способу рафінування для збереження зазначених ефективних елементів. Таким чином, потрібно вибирати масло з гарною змащувальною властивістю, щоб навіть при застосуванні в реальній машині не виникало плавлення.

У фреонових охолодних установках при запуску компресора тиск у картері різко падає, і холодоагент, що розчиняється в маслі, починає різко випаровуватися, поверхня масла починає вирувати, виникає піна. Якщо це явище буде тривати тривалий час, то через порушення змащення тертьових частин, компресор може заклинити і згоріти.

При проникненні з усмоктувальної сторони компресора або різних інших шляхів, великої кількості масла в циліндр через стиск нестисливого масла, виникає небезпека ушкодження тарілки сідла клапана. Крім того, утворюється недостатність масла в картері, тому що велика кількість масла перейде в різні частини установки. Недостатність масла стає причиною заклинювання компресора.

Явище мідного покриття – коли в охолодних установках, що застосовують холодоагент фреонові системи, мідь, розчинившись у маслі, разом з холодоагентом циркулює в установці, потім знову осідає на поверхні металу й покриває його, при цьому:

- зменшується активна частина зазору, компресор заклинює й стає непрацездатним;
- в установці або багато вологи, або чим вища температура, тем легше волога з'являється в циліндрі й на тарілці клапана.

Чим більше втримується молекул водню R-22, у порівнянні з R-12 і R-30 у порівнянні з R-22, і чим більше елементів МАХ, тим сильніше це явище.

**Складові частини системи кондиціонування повітря в автомобілі.** На рис. 13.14 представлена схема системи кондиціонування повітря в автомобілі Kia Sportage 4 WD, а на рис. 13.15 наведені основні функціональні частини цієї системи. Розглянемо їх більш детально.



Рисунок 13.14 – Схема системи кондиціонування повітря в автомобілі Kia Sportage 4 WD

Компресор обертається від передачі муфтою компресора обертового моменту шківом колінчатого вала через приводний пас. Якщо на магнітну муфту не подається напруга, то обертається тільки сам шків муфти компресора й не обертається вал компресора. При подачі напруги на магнітну муфту диск і втулка муфти переміщуються назад і з'єднуються зі шківом. Шків і диск під дією сил стають єдиними й приводять в обертання вал компресора.

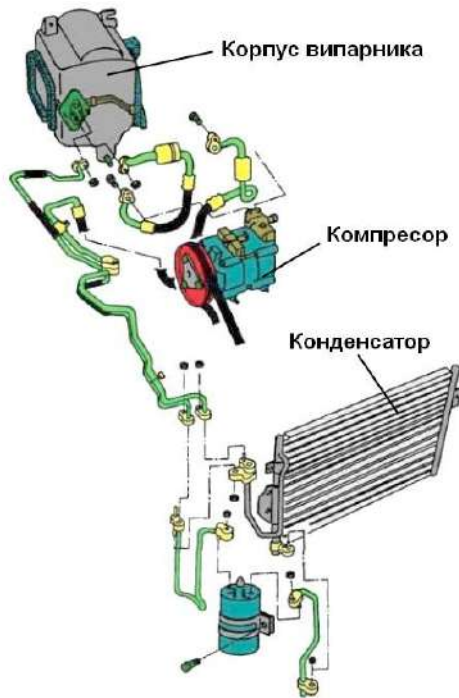


Рисунок 13.15 – Основні функціональні частини

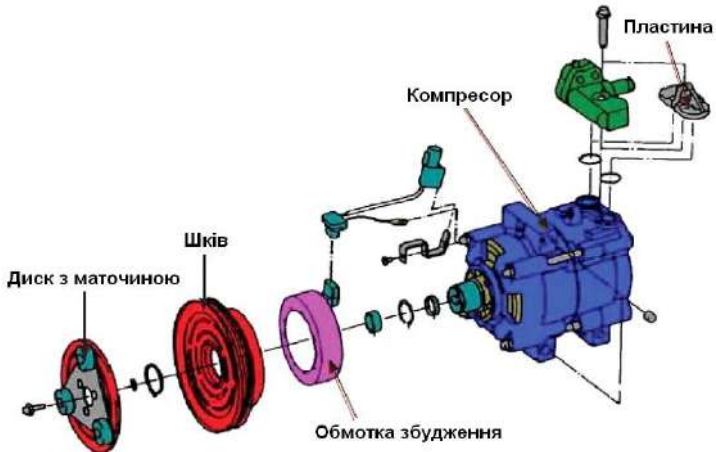


Рисунок 13.16 – Основні частини компресора

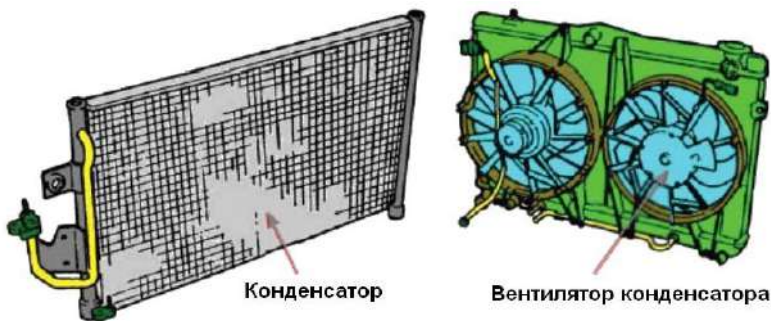


Рисунок 13.17 – Зовнішній вигляд вентилятора й конденсатора

Компресор залежно від обертового його вала перетворює газоподібний стан холодоагенту низького тиску, що йде від випарника, у газ високої температури й високого тиску. Масло, що переміщується разом з холодоагентом, відіграє роль мастильника. Поршень при обертанні вала компресора приводиться в рух ексцентриком, залежно від тиску випускає відповідну кількість газу зміною ходу поршня й кута повороту диска що переміщається. Конденсатор установлюється перед радіатором і виконує функцію перетворення газоподібного високотемпературного холодоагенту, що йде від компресора, у рідкий стан виділенням тепла в атмосферу.

Кількість виділюваного холодоагентом тепла в конденсаторі визначається кількістю поглиненого випарником тепла ззовні й роботою компресора, необхідної для стиску газу.

Для конденсатора результат тепловіддачі прямо впливає на ефект охолодження холодильної установки, тому звичайно він установлюється на самій передній частині автомобіля й примусово проохолоджується повітрям вентилятора системи охолодження двигуна й потоком повітря, що виникають при русі автомобіля. Холодоагент, що пройшов через розширювальний клапан, ставши легковипаровним з низьким тиском, при проходженні в туманообразному стані через патрубок випарника, під дією потоку повітря від вентилятора, випаровуючись, перетворюється в газ.

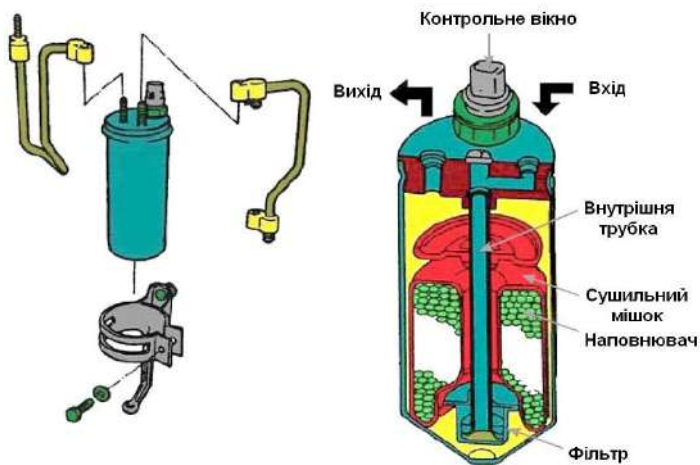


Рисунок 13.18 – Фільтр і накопичувач

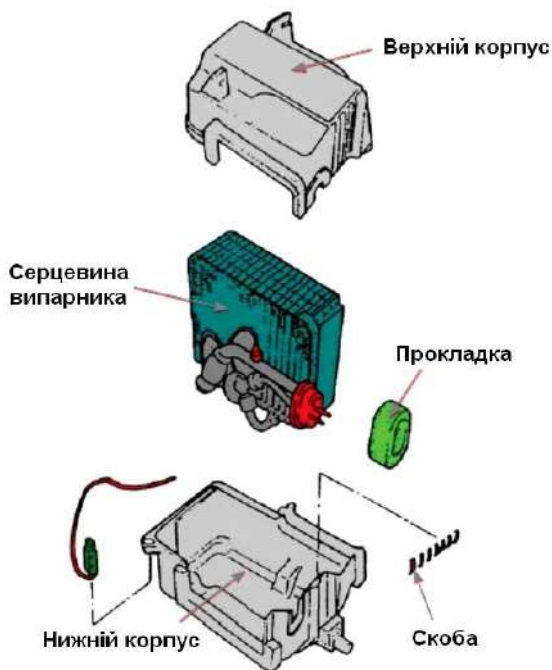


Рисунок 13.19 – Основні частини випарника



Рисунок 13.20 – Фільтр і накопичувач у автомобілі

При цьому ребра патрубків стають холодними від теплоти паротворення, і повітря усередині автомобіля стає прохолодним. Крім того, волога, що втримується в повітрі, від охолодження перетворюється у воду й разом з пилом по спусковому трубопроводу викидається з автомобіля.

Оскільки при такому теплообміні між холодоагентом і повітрям використовуються трубопровід і ребра, потрібно, щоб на контактній поверхні з повітрям не осідали вода й пил. Утворення льоду й інею на випарнику відбувається також і на частинах ребер. При досягненні теплового повітря до ребер, прохолоджуючись нижче температури роси, на ребрах з'являються водяні краплі.

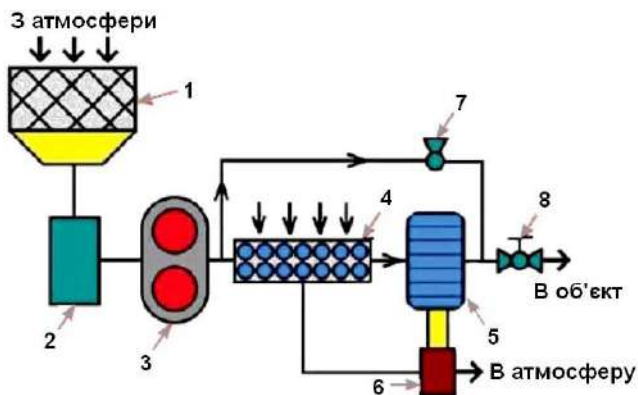
При цьому у випадку охолодження ребер до температури нижче  $0^{\circ}\text{C}$  виниклі водяні краплі або замерзають, або водяна пара повітря осідає у вигляді інею, помітно погіршуючи характеристики системи охолодження. Тому для запобігання замерзання випарника передбачається керування терморегулятором або компресором зі змінним напором.

Ресивер установлений між лінією випуску випарника й компресора. Одержуючи від випарника змішаний холодоагент низького тиску в рідкому й газоподібному стані й масло, газоподібний холодоагент відправляється безпосередньо до

компресора, а рідкий холодоагент попадає в компресор після випару від нагрівання навколишнім теплом. Масло вертається до компресора через спускний отвір. У нижній частині акумулятора перебуває запечатаний осушувач, який виконує роботу з видалення вологи й домішок у системі.

**Повітряні системи кондиціонування.** При використанні повітряної системи кондиціонування одержання холоду обходиться дорожче, чим в інших системах охолодження. Значною мірою це визначається складністю системи охолодження, яка, у свою чергу, пов'язана з технологічними труднощами виготовлення її агрегатів, великим числом агрегатів, їх значною вартістю.

Особливістю кондиціонерів з повітряною системою охолодження є також необхідність великих потужностей для привода агрегатів. На рис. 13.21 представлена блок-схема повітряної системи кондиціонування повітря. Атмосферне повітря засмоктується в систему кондиціонера компресором (3), попередньо піддаючись очищенню від пилу у фільтрі (1).



- 1 – фільтр; 2 – осушувач; 3 – компресор;  
 4 – повітряний теплообмінник; 5 – холодильник;  
 6 – вентилятор; 7 – клапан; 8 – кран

Рисунок 13.21 – Блок-схема повітряної системи кондиціонування повітря

Осушка повітря проводиться в осушувачах (2), установлених

перед компресором. Робити осушку повітря шляхом конденсації або виморожуваної пари води за рахунок глибокого розширення в холодильнику недоцільно, тому що це пов'язано зі збільшенням габаритів останнього й потужностями компресора.

Нагріте у результаті стиску в компресорі робоче повітря попередньо прохолоджується атмосферним повітрям у повітряному теплообміннику (4). Робота розширення передається вентилятору за допомогою якого охолодне атмосферне повітря протягується через теплообмінник (4).



Рисунок 13.22 – Зовнішній вигляд заправної ємності із сучасним холодоагентом R134A (балон 13,6 кг)

Більш глибоке охолодження повітря проводиться в трубах холодильника (5). Після холодильника повітря через кран 8 надходить в об'єкт. Кран (8) призначений для підтримки заданого температурного режиму в об'єкті шляхом змішування холодного повітря з гарячим повітрям, підведеним по повітропроводу через редукційний клапан (7).

Система кондиціонування сучасного автомобіля необхідна, особливо в країнах пекучого літа. Фреонова система кондиціонування хоч і є на сьогоднішній день популярною, однак відносно екологічна тільки при заправленні спеціальним холодоагентом, наприклад R134A. Порівняно з іншими системами охолодження, фреонова система кондиціонування повітря має

високий ККД, невелику металоємність, не потрібні великі потужності на привід агрегатів; відносно невисока вартість.

Абсорбційна й повітряна система кондиціонування поки в автомобілях не застосовується у зв'язку з тим, що має велику металоємність, вимагає більших потужностей на привід компонентів, має невеликий ККД. Абсорбційна й повітряна

системи – екологічно чисті й на навколишнє середовище фактично не впливають, через те що не застосовується фреон. На сьогоднішній день фреонові системи кондиціонування повітря дороблені до необхідного рівня безпеки, хоча й продовжують бути небезпечними для навколишнього середовища.

### **13.6 Система клімат-контролю**

Сучасні автомобілі оснащуються системою клімат-контролю. Дана система призначена для створення і автоматичної підтримки мікроклімату в салоні автомобіля. Система забезпечує спільну роботу систем опалення, вентиляції та кондиціонування за рахунок електронного керування.

Застосування електроніки дозволило добитися зонального регулювання клімату в салоні автомобіля. Залежно від числа температурних зон розрізняють наступні системи клімат-контролю: однострунний, двострунний, трьохструнний і чотириструнний. Система клімат-контролю об'єднує кліматичну установку і систему керування.

*Кліматична установка*, в свою чергу, включає конструктивні елементи систем опалення, вентиляції та кондиціонування, в тому числі радіатор опалення, вентилятор повітря та кондиціонер, що складається з випарника, компресора, конденсатора і ресивера.

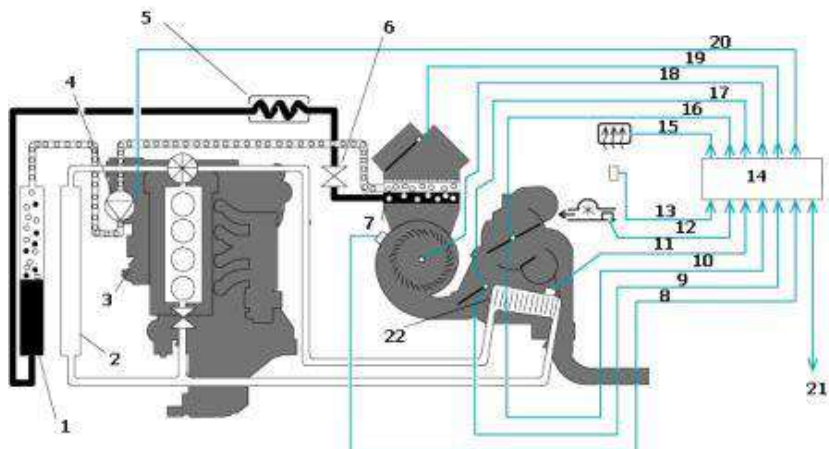
Керування кліматичною установкою здійснює відповідна система. Основними елементами цієї системи є вхідні датчики, блок керування і виконавчі пристрої.

Вхідні датчики вимірюють відповідні фізичні параметри і перетворюють їх в електричні сигнали. До вхідних датчиків системи керування відносяться датчики температури зовнішнього повітря, рівня сонячного випромінювання (фотодіод), датчики вихідної температури, потенціометри заслінок, температури випарника, тиску в системі кондиціонування.

Кількість датчиків вихідної температури визначається конструкцією системи клімат-контролю. До датчику вихідної температури може бути доданий датчик вихідної температури в просторі для ніг. У двохструнній системі клімат-контролю число датчиків вихідної температури подвоюється (датчики зліва і справа), а в трьохструнній – потроєється (зліва, справа і ззаду).

Потенціометри заслінок фіксують поточний стан повітряних заслінок. Датчики температури випарника і тиску забезпечують роботу системи кондиціонування. Електронний блок керування приймає сигнали від датчиків і відповідно до закладеної програми формує керуючі впливи на виконавчі пристрої.

До виконавчих пристроїв відносяться приводи заслінок і електродвигун вентилятора припливного повітря, за допомогою яких створюється і підтримується заданий температурний режим.



- 1 – конденсатор; 2 – радіатор; 3 – двигун; 4 – компресор;  
 5 – ресивер; 6 – клапан керування потоком; 7 – випарник;  
 8 – датчик температури зовнішнього повітря; 9, 10 – потенціометр заслінки; 11 – датчик температури змішаного повітря; 12 – датчик вихідної температури; 13 – датчик рівня сонячного випромінювання;  
 14 – електронний блок керування; 15 – електричний нагрівач заднього скла; 16 – заслінка припливного повітря; 17 – заслінка температурного регулювання; 18 – електродвигун вентилятора;  
 19 – клапан керування рециркуляцією; 20 – муфта приводу компресора; 21 – панель керування; 22 – обігрівач

Рисунок 13.23 – Схема системи клімат-контролю

Заслінки можуть мати механічний або електричний привод. У конструкції кліматичної установки можуть застосовуватися такі заслінки:

- заслінка припливного повітря;

- центральна заслінка;
- заслінки температурного регулювання (в системах з 2-ма і більше зонами регулювання);
- заслінка рециркуляції;
- заслінки для відтавання стекол.

***Принцип роботи системи.***

Система клімат-контролю забезпечує автоматичне регулювання температури в салоні автомобіля в межах 16-30°C. Бажане значення температури встановлюється за допомогою регуляторів на панелі приладів автомобіля.



Рисунок 13.24 – Регулятори системи клімат-контролю BMW

Сигнал від регулятора надходить в електронний блок керування, де активується відповідна програма. Відповідно до встановленого алгоритму блок керування обробляє сигнали вхідних датчиків і задіє необхідні виконавчі пристрої. Задана температура підтримується автоматично.

Повітря що надходить в салон автомобіля, проходить через радіатор опалення і нагрівається теплом охолоджуючої рідини. Ступінь нагрівання повітря регулюється центральною заслінкою (заслінками температурного регулювання) шляхом змішування холодного і гарячого повітря. При необхідності включається кондиціонер. Кондиціонер видаляє зайве тепло і вологу з салону.

## Питання для самоперевірки

1. Яке призначення системи керування кліматом в салоні авто?
2. Коли вперше з'явилися системи обігріву салону автомобіля?
3. Які є види системи клімат-контролю автомобіля?
4. В чому полягає відмінність клімат-контролю від звичайного кондиціонера?
5. Які датчики є в системі клімат-контролю?
6. Назвіть режими роботи системи клімат-контролю?
7. Де може бути розташований внутрісалонний датчик температури?
8. Які вимоги висуваються до систем системи нагрівання й вентиляції салону автомобіля?
9. Яке призначення «камери тиску» і як вона створюється на автомобілі?
10. Як здійснюється керування надходженням тепла в системах обігріву салону з двигуном водяного охолодження?
11. Як зменшують шум двигуна повітрянагрівача?
12. Намалуйте блок-схему системи обігріву транспортного засобу, яка управляється за допомогою електроніки та поясніть принцип її роботи.
13. Поясніть принцип роботи автомобільного кондиціонера.
14. Розкажіть принцип роботи ресивера-осушувача автомобільного кондиціонера.
15. Розкажіть чотири послідовних циклічних етапи перетворення холодоагенту під час роботи автомобільного кондиціонера.

## 14 ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ ШАСІ

### 14.1 Активна підвіска

Активна підвіска, як і багато інших інновацій, була створена у світі автомобільних перегонів. Тепер вона поступово стає все більш популярною при виробництві звичайних транспортних засобів. Цікаво відмітити те, що в міру того як деякі команди, які приймають участь у перегонах «Формула-1», вдосконалювали підвіску, правила змінилися (1993-1994 рр.), щоб запобігти її використанню!

Звичайні системи підвіски – це завжди компроміс між м'якими пружинами для комфорту й більш жорстким підпружинюванням для кращої стійкості руху на поворотах. Система підвіски повинна виконувати чотири головні функції:

- поглинати удари від вибоїв;
- справлятися з «пірнанням» носової частини при гальмуванні;
- запобігати перекиданню під час поворотів;
- регулювати рух кузова.

Це означає, що деякі функції повинні бути прийняті компромісними, щоб в більшій мірі виконувалися інші.

#### ***Функціонування підвіски.***

Активна підвіска дозволяє одержати кращу комбінацію усіх функцій. Активна підвіска виходить при заміні звичайних пружин на гідравлічні вузли подвійної дії. Ними управляє блок керування (ECU), який одержує сигнали від різних датчиків. Тиск масла понад 150 бар створюється насосом і подається до гідравлічних вузлів. Клапан із сервоприводом контролює тиск масла, який є, можливо, самим критичним параметром системи.

Головні вигоди від застосування активної підвіски полягають у наступному;

- більший комфорт при русі;
- краща керованість;
- підвищена безпека;
- передбачувана поведінка транспортного засобу в різних умовах;
- відсутність різниці в поведінці порожньої та

навантаженої машини на дорозі.

## **14.2 Датчики, приводи і функціонування активної підвіски**

Щоб максимально ефективно управляти гідравлічними вузлами, ECU повинен «знати» певну інформацію. Вона надходить у систему від датчиків, розташованих у різних частинах транспортного засобу.

***Датчик навантаження*** використовується, щоб визначити фактичне навантаження на кожний гідравлічний вузол.

***Зсув і вертикальне прискорення.*** В якості цього датчика можуть використовуватися прості змінні резистори або більш точні й чутливі лінійні датчики тили LVDT.

***Бічне й поздовжнє прискорення.*** Прискорення може бути визначене за допомогою маятникового датчика, що використовує тензодатчики, пов'язані з масою, або пристрої, подібні датчика ударів у двигуні.

***Датчик заносу.*** Відхилення від курсу може бути визначене по бічному прискоренню, якщо датчик встановлений у передній або задній частині транспортного засобу.

***Положення керма.*** Крім положення керма, швидкість зміни напрямку руху визначається по сигналу від датчика обертання. Цей пристрій може бути датчиком на основі променя світла з детектором або будь-чим подібним. Якщо швидкість зміни положення керма виявиться за певним порогом, то система перейде у режим більш жорсткого регулювання підвіски.

***Швидкість транспортного засобу*** вимірюється за допомогою стандартного датчика, який використовується для спідометра.

***Датчик положення дросельного клапана*** аналогічний існуючим потенціометрам. Він показує намір водія прискорити або сповільнити рух, дозволяючи підвісці перейти в більш жорсткий режим, якщо для цього передбачений відповідний механізм.

***Вибір режиму підвіски водієм.*** У системі передбачений вимикач, що дозволяє водієві вибрати м'які або тверді параметри настроювання системи. Але навіть якщо буде обрано м'яке регулювання, то система перейде в більш жорсткий режим при

певних експлуатаційних умовах. На схемі компонування системи підвіски (рис. 14.1), показано спрощене зображення гідравлічного вузла.

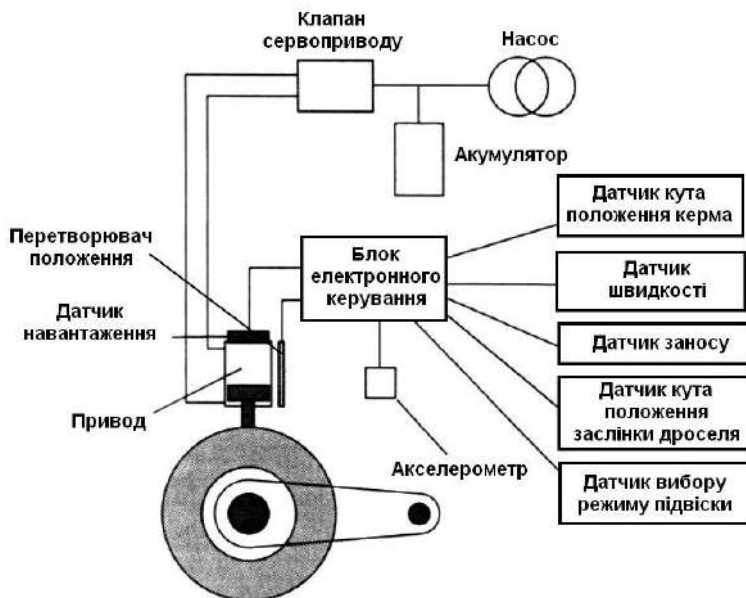


Рисунок 14.1 – Загальне компонування системи активної підвіски й використовувані датчики

По суті, це гідравлічний домкрат, який може забезпечувати дуже високий тиск масла, щоб подавати його до верхньої або нижньої камери.

Функціонування всієї системи відбувається в такий спосіб. У момент, коли колесо зустрічає на дорозі опуклість, виникає вертикальне прискорення нагору й збільшення вертикального навантаження. Ця інформація подається до ЕСУ, який обчислює ідеальне зміщення колеса. Сигнал керування від ЕСУ надходить до сервоклапанів, які керують положенням головних гідравлічних вузлів. Оскільки цей процес може відбуватися сотні раз за секунду, колесо може точно йти за контуром дорожньої поверхні. Це зм'якшує дію небажаних навантажень на кузов автомобіля.

Завдяки аналізу інформації від інших датчиків, наприклад бічного датчика прискорення (дані про рух на повороті) і поздовжнього датчика (інформація про поздовжнє гальмування або прискорення), приводи можуть перемішатися так, щоб завжди забезпечувати максимальну стійкість.

Активна підвіска забезпечує комфортний рух, і в цьому запорука її майбутнього. Тому що ціни на комплектуючі падають, система скоро стане надбанням практично всіх транспортних засобів.

### **14.3 Системи повного приводу**

Трансмісії повнопривідних автомобілів мають різні конструкції. В сукупності вони утворюють системи повного приводу. Розрізняють такі види систем повного приводу: постійного підключення, приводи що підключаються автоматично і ті що підключаються вручну.

Різні види систем повного приводу мають, як правило, різне призначення і різні системи керування. Разом з тим можна виділити наступні переваги даних систем, що визначають область їх застосування:

- ефективне використання потужності двигуна;
- краща керованість і курсова стійкість на слизькому покритті;
- підвищена прохідність автомобіля.

#### ***Система постійного повного приводу.***

Система постійного повного приводу (інше найменування – система Full Time, в перекладі «весь час») забезпечує постійну передачу крутного моменту на всі колеса автомобіля.

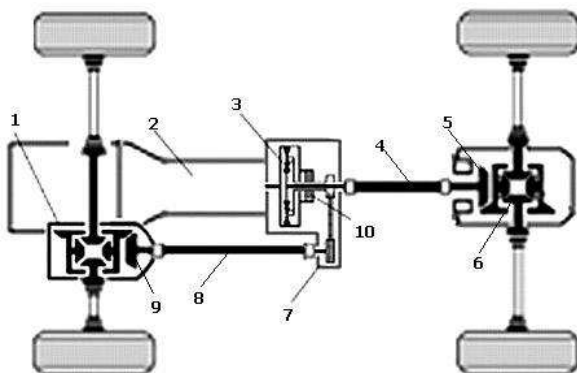
Система включає конструктивні елементи, характерні для повнопривідної трансмісії, а саме: зчеплення, коробку передач, роздавальну коробку, карданні передачі, головні передачі, міжколісні диференціали задньої і передньої осі, а також півосі коліс.

Постійний повний привід застосовується як на автомобілях з компоновкою заднього компонування (поздовжнє розташування двигуна і коробки передач), так і на автомобілях з передньоприводним компонуванням (поперечне розташування двигуна і коробки передач). Такі системи відрізняються в

основному по конструкції роздавальної коробки і карданних передач.

Відомими системами постійного повного приводу є система Quattro від Audi, xDrive від BMW, 4Matic від Mercedes.

Зчеплення забезпечує короточасне від'єднання двигуна від трансмісії при перемиканні передач, а також запобігання елементів трансмісії від перевантажень. Коробка передач служить для зміни крутного моменту, швидкості і напрямку руху автомобіля. В автоматичній коробці передач функцію зчеплення виконує гідротрансформатор.



- 1 – міжколісний диференціал передньої осі; 2 – коробка передач;  
3 – міжосьовий диференціал; 4 – карданна передача задньої осі;  
5 – головна передача задньої осі; 6 – міжколісний диференціал задньої осі;  
7 – роздавальна коробка; 8 – карданна передача передньої осі; 9 – головна передача передньої осі; 10 – віскомуфта

Рисунок 14.2 – Схема системи постійного повного приводу

Роздавальна коробка призначена для розподілу крутного моменту по осях автомобіля і його збільшення при необхідності. Сучасна роздавальна коробка включає ланцюгову передачу (зубчасту передачу), що забезпечує передачу крутного моменту на передню вісь, знижувальну передачу у вигляді планетарного редуктора (в окремих конструкціях) і міжосьовий диференціал.

Наявність міжосьового диференціала є відмінною рисою роздавальної коробки системи постійного повного приводу. Для

повної реалізації повнопривідних можливостей в конструкції системи передбачається блокування міжосьового диференціала.

Блокування диференціала може здійснюватися автоматично або вручну. Сучасними конструкціями автоматичного блокування міжосьового диференціала є віскомуфта, диференціал Torsen, багатодискова фрикційна муфта.

Ручне (примусове) блокування диференціала проводиться водієм за допомогою механічного, пневматичного, електричного або гідравлічного приводу. На деяких конструкціях роздавальної коробки передбачені функції як автоматичного, так і ручного блокування міжосьового диференціала.

Карданні передачі забезпечують передачу крутного моменту від вторинних валів роздавальної коробки на вали головних передач. Головна передача слугує для збільшення крутного моменту і його передачі на півосі коліс.

Міжколісний диференціал забезпечує розподіл крутного моменту між ведучими колесами і дозволяє напівосям обертатися з різними кутковими швидкостями. У системах повного приводу міжколісний диференціал застосовується на передній і задній осі.

Для реалізації повнопривідних можливостей один або обидва диференціали мають можливість блокування. Блокування міжколісного диференціала може здійснюватися вручну або автоматично (віскомуфта, диференціал Torsen). На сучасних автомобілях застосовується електронне блокування диференціала.

### ***Принцип роботи системи постійного повного приводу.***

Крутний момент від двигуна передається на коробку передач і далі на роздавальну коробку. У роздавальній коробці момент розподіляється по осях. При необхідності водієм може бути включена знижуюча передача. Далі крутний момент через карданні вали передається на головну передачу і міжосьовий диференціал кожної з осей. Від диференціала крутний момент через півосі передається на приводні колеса. При прослизанні коліс однієї з осей автоматично або примусово проводиться блокування міжосьового і міжколісного диференціалів.

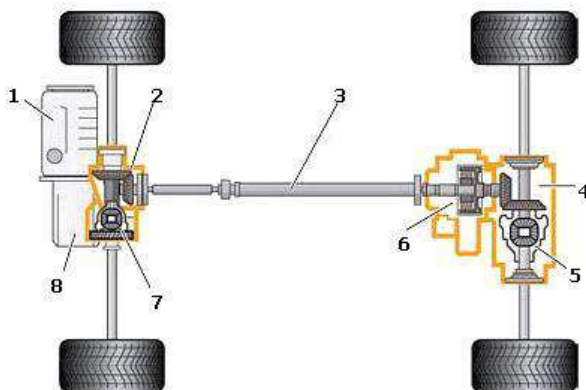
***Система повного приводу, що підключається автоматично.***

Система повного приводу, що підключається автоматично

(інше найменування – система **On demand**, в перекладі «на вимогу») є перспективним напрямком розвитку повного приводу легкових автомобілів. Дана система забезпечує підключення коліс однієї з осей в разі прослизання коліс іншої осі. У звичайних умовах експлуатації автомобіль є передньо-або задньоприводним.

Практично всі провідні автовиробники мають в своєму модельному ряді автомобілі з повним приводом що підключається автоматично. Відомою системою повного приводу, що підключається автоматично є 4Motion від Volkswagen.

Конструкція системи повного приводу, що підключається автоматично аналогічна постійному повному приводу. Виняток становить наявність муфти підключення задньої осі.



- 1 – двигун; 2 – роздавальна коробка; 3 – карданна передача;  
4 – головна передача задньої осі; 5 – міжколісний диференціал задньої осі; 6 – муфта підключення задньої осі (муфта Haldex);  
7 – міжколісний диференціал передньої осі; 8 – коробка передач

Рисунок 14.3 – Схема системи повного приводу  
що підключається автоматично  
(на прикладі системи 4Motion)

Роздавальна коробка в системі повного приводу що автоматично підключається є як правило конічним редуктором. Знижуюча передача і міжосьовий диференціал відсутні.

В якості муфти підключення задньої осі використовуються віскомуфта або електронно-керована фрикційна муфта. Відомою фрикційною муфтою є муфта Haldex, яка використовується в системі повного приводу 4Motion концерну Volkswagen.

***Принцип роботи системи повного приводу, що підключається автоматично.***

Крутний момент від двигуна, через зчеплення, коробку передач, головну передачу і диференціал передається на передню вісь автомобіля. Крутний момент через роздавальну коробку і карданні вали також передається на фрикційну муфту.

У нормальному положенні фрикційна муфта має мінімальне стиснення, при якому на задню вісь передається до 10 % крутного моменту. При прослизанні коліс передньої осі по команді електронного блоку керування спрацьовує фрикційна муфта і передає крутний момент на задню вісь. Величина переданого на задню вісь крутного моменту може змінюватися в певних межах.

***Система повного приводу, що підключається вручну.***

Система повного приводу, що підключається вручну (інше найменування – система Part Time, в перекладі «частковий час») в даний час практично не застосовується, тому що є низько ефективною. Разом з тим, саме ця система забезпечує жорсткий зв'язок передньої і задньої осі, передачу крутного моменту в співвідношенні 50:50 і тому є по справжньому позашляховою.

Устрій системи повного приводу, що підключається вручну в цілому аналогічний системі постійного повного приводу. Основні відмінності – відсутність міжосьового диференціала і можливість підключення переднього моста в роздавальній коробці. Необхідно відзначити, що в ряді конструкцій постійного повного приводу використовується функція відключення переднього моста. Правда в даному випадку відключення і підключення це не одне і те ж.

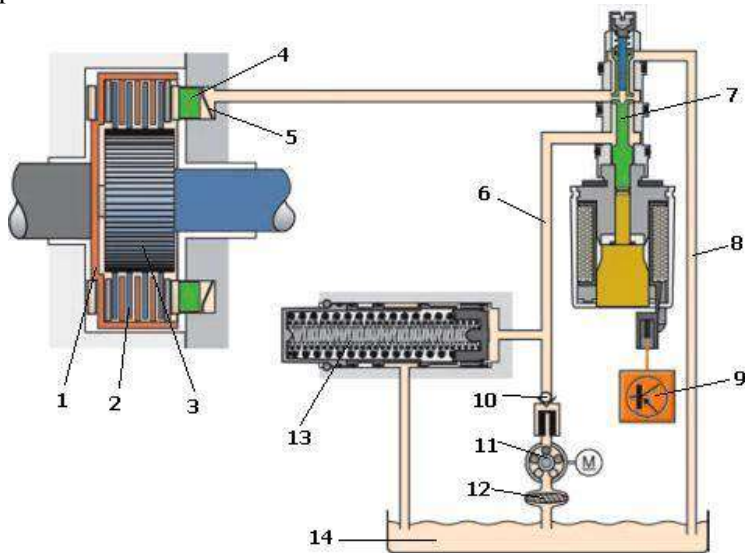
#### **14.4 Система повного приводу 4Motion**

Вона відноситься до т.зв. систем повного приводу, що підключається автоматично. У даній системі крутний момент двигуна розподіляється по осях в залежності від дорожньої ситуації. Система 4Motion встановлюється на автомобілі концерну Volkswagen з 1998 року. Назва 4Motion є

зарєєстрованим товарним знаком.

Система повного приводу 4Motion включає диференціал передньої осі в коробці передач, роздавальну коробку, карданну передачу приводу задньої осі, багатодискову фрикційну муфту, головну передачу і диференціал задньої осі.

Диференціал передньої осі забезпечує передачу крутного моменту від коробки передач до передніх ведучих коліс. Корпус диференціала передньої осі з'єднаний з роздавальною коробкою порожнистим валом.



- 1 – барабан; 2 – пакет фрикційних дисків; 3 – маточина; 4 – поршень;  
5 – тарілчаста пружина; 6 – магістраль подачі; 7 – клапан управління;  
8 – зворотна магістраль; 9 – блок керування; 10 – зворотній клапан;  
11 – насос; 12 – масляний фільтр;  
13 – акумулятор тиску; 14 – масляний бак

Рисунок 14.4 – Схема фрикційної муфти Haldex

Роздавальна коробка являє собою конічну передачу, за допомогою якої крутний момент передається під кутом 90 град. Карданна передача приводу задньої осі з'єднує роздавальну коробку і фрикційну муфту. Карданна передача складається з двох валів, з'єднаних шарніром рівних кутових швидкостей.

До роздавальної коробки і фрикційної муфти вали приєднуються за допомогою пружних муфт. Задній карданний вал має проміжну опору. В системі повного приводу 4Motion застосовується багатодискова фрикційна муфта Haldex.

Муфта забезпечує керувану передачу крутного моменту (величина переданого крутного моменту визначається ступенем замикаання муфти) від передньої до задньої осі автомобіля. Муфта Haldex вбудована в картер диференціала задньої осі.

В даний час в системі повного приводу 4Motion використовується муфта Haldex четвертого покоління (автомобілі Volkswagen Tiguan), яка має більш просту конструкцію в порівнянні з попередниками. До цього встановлювалися муфти першого і другого поколінь (автомобілі Volkswagen Golf IV, V – опціонально, Volkswagen Transporter). Конструктивно муфта Haldex включає пакет фрикційних дисків, насос, акумулятор тиску і систему керування.

Пакет фрикційних дисків являє собою набір з фрикційних і сталевих дисків. Фрикційні диски мають внутрішнє зачеплення з маточиною. Сталеві диски мають зовнішнє зачеплення з барабаном. Кількість дисків визначає величину переданого крутного моменту (більше дисків – більше момент). Диски стискаються поршнями.

Муфта Haldex має електронне керування, що включає вхідні датчики, блок керування і виконавчі пристрої. Вхідним датчиком системи керування є датчик температури масла.

Блок керування перетворює вхідну інформацію в керуючі впливи на виконавчий пристрій. Крім датчика температури масла електронний блок керування використовує інформацію від блоку керування двигуном, блоку керування системи ABS, одержувану по CAN-шині.

Виконавчим пристроєм системи керування є клапан керування, який регулює тиск стиснення фрикційних дисків від 0 до 100 % максимальної величини. Величина тиску визначається положенням клапана. Насос і акумулятор тиску забезпечують підтримку тиску масла в системі на рівні 3 МПа.

#### ***Принцип роботи системи.***

Робота системи 4Motion визначається алгоритмом роботи муфти Haldex, в якому можна виділити такі характерні режими:

- початок руху;
- початок руху з пробуксовкою;
- рух з постійною швидкістю;
- рух з пробуксовкою;
- гальмування.

При рушанні з місця і розгоні автомобіля клапан керування закритий, диски муфти максимально стислі. На задні колеса передається максимальний крутний момент. Якщо рух починається з пробуксовкою обох передніх коліс, клапан керування закривається, фрикційні диски муфти стискаються. Крутний момент повністю передається на задню вісь. При пробуксовці одного з передніх коліс в роботу системи спочатку включається електронне блокування диференціала.

При русі з постійною швидкістю клапан відкривається, а диски стискаються в залежності від умов руху. На задню вісь крутний момент передається в певних (незначних) межах.

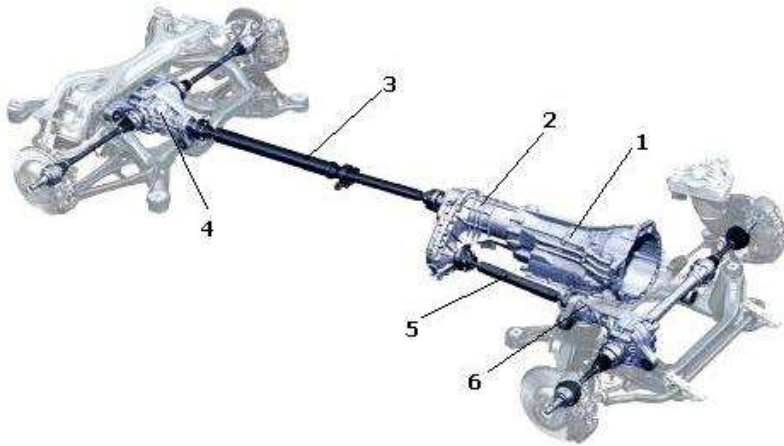
Пробуксовка в русі автомобіля визначається на підставі сигналів від блоку керування системи ABS. При цьому клапан відкривається в залежності від умов руху (яка вісь і які колеса буксують). При гальмуванні клапан керування відкритий, фрикційні диски муфти повністю розтиснені. Крутний момент на задню вісь не передається.

### **14.5 Система повного приводу quattro**

Система повного приводу quattro є системою постійного повного приводу, в якій крутний момент постійно передається на всі колеса автомобіля. З 1980 року назва quattro використовується автовиробником Audi для позначення системи повного приводу своїх автомобілів і є зареєстрованим товарним знаком.

Відмінною особливістю системи quattro є поздовжнє розташування двигуна і елементів трансмісії, яке характерно для більшості автомобілів Audi. Незважаючи на відмінності в конструкції систем конкретних автомобілів, система quattro включає наступні традиційні елементи повнопривідної трансмісії: коробку передач, роздавальну коробку, карданну передачу, головну передачу і міжколісний диференціал на кожній осі.

У трансмісії quattro може встановлюватися як механічна коробка передач, так і коробка-автомат.



1 – коробка передач; 2 – роздавальна коробка; 3 – карданна передача; 4 – головна передача і задній міжколісний диференціал; 5 – вал приводу передньої осі; 6 – головна передача і передній міжколісний диференціал

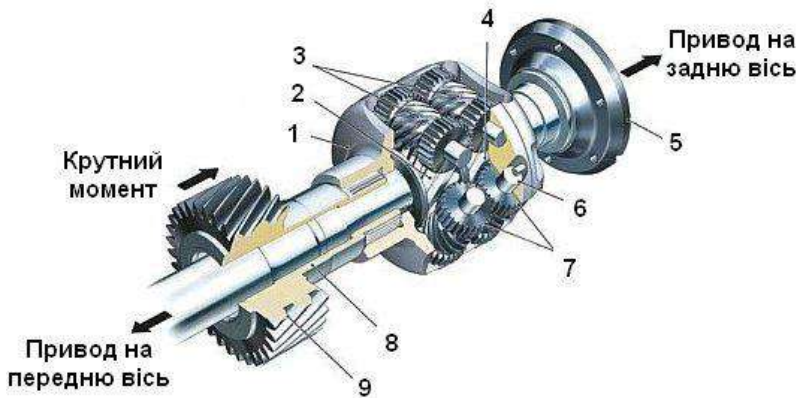
Рисунок 14.5 – Схема системи повного приводу Quattro

Роздавальна коробка безпосередньо приєднана до коробки передач. Конструктивно вона включає міжосьовий диференціал, що розподіляє крутний момент на передню і задню осі. Корпус диференціала має механічне поєднання з коробкою передач. Розподіл крутного моменту на осі в залежності від конструкції роздавальної коробки може здійснюватися безпосередньо через приводні вали або окрему зубчасту передачу.

В якості міжосьового диференціала в системі повного приводу quattro використовувалися і використовуються:

- з 1981 року – вільний міжосьовий диференціал з механічним блокуванням;
- з 1988 року – самоблокований симетричний диференціал Torsen з можливістю перерозподілу крутного моменту на вісь з кращим зчепленням до 80 %. Розташування сателітів перпендикулярно до приводних валів (Torsen T-1);

- з 2007 року – самоблокований несиметричний диференціал Torsen з розподілом крутного моменту по осях в стандартному положенні 40:60 і з можливістю перерозподілу крутного моменту на вісь з кращим зчепленням до 70 % – на передню вісь і до 80 % – на задню вісь. Розташування сателітів паралельно до приводних валів (Torsen T-3);
- з 2010 року – самоблокований несиметричний диференціал з коронними шестернями з розподілом крутного моменту по осях в стандартному положенні 40:60 і з можливістю перерозподілу крутного моменту на вісь з кращим зчепленням до 70 % – на передню вісь і до 85 % – на задню вісь (Audi RS5).



- 1 – корпус диференціала; 2 – сонячна шестерня приводу передньої осі; 3 – черв'ячні шестерні; 4 – сонячна шестерня приводу задньої осі; 5 – фланець вала приводу задньої осі; 6 – вісь черв'ячної шестерні; 7 – сателіти; 8 – порожнистий вал; 9 – приводна шестерня

Рисунок 14.6 – Схема диференціала Torsen

Роздавальна коробка автомобіля Audi Allroad додатково оснащується пониженою передачею. Передача крутного моменту на задню вісь здійснюється за допомогою карданної передачі, що складається з двох валів, трьох шарнірів рівних кутових

швидкостей і однієї проміжної опори.

Головна передача і задній міжколісний диференціал виконані в окремому картері. В різний час в системі quattro використовувалися такі конструкції задніх диференціалів:

- з 1981 року – вільний диференціал з механічним блокуванням (ручним або електропневматичним);
- з 1988 року – самоблокований симетричний диференціал Torsen (Audi V8);
- з 1995 року – вільний диференціал з електронним блокуванням.



1 – двигун внутрішнього згоряння; 2 – коробка передач;  
3 – кабель високої напруги; 4 – електродвигун; 5 – високовольтна акумуляторна батарея; 6 – задній міст з електричним приводом

Рисунок 14.7 – Схема системи повного приводу E-tron quattro

Вал приводу передньої осі забезпечує передачу крутного моменту від роздавальної коробки до головної передачі і міжколісним диференціалом передньої осі. Він поміщений в окремий кожух. На останніх моделях автомобілів Audi,

оснащених системою quattro, коробка передач, роздавальна коробка, вал приводу, головна передача і диференціал передньої осі об'єднані в одному корпусі.

В якості переднього міжколісного диференціала використовується вільний диференціал, до якого з 1995 року додана функція електронного блокування диференціала.

На автомобілях Audi з поперечним розташуванням двигуна (Audi A3 / S3, Audi TT, Audi Q3) використовується система повного приводу, що підключається автоматично, аналогічна системі 4Motion з фрикційною муфтою Haldex.

Перспективна версія системи повного приводу від Audi заснована на використанні гібридної силової установки і носить назву E-tron quattro. Дану систему встановлюють на серійні автомобілі з 2014 року.

Конструктивно система E-tron quattro включає на додаток до двигуна внутрішнього згоряння і коробці передач два електродвигуни – потужністю 33 кВт на передній осі і 60 кВт – на задній. При цьому задня вісь має тільки електричний привід. Живлення електродвигунів здійснюється від літій-іонної акумуляторної батареї, встановленої в центральному тунелі автомобіля.

#### **14.6 Система повного приводу 4Matic**

Система повного приводу 4Matic є розробкою Mercedes-Benz і встановлюється на деякі моделі легкових автомобілів. Назва 4Matic – зареєстрований товарний знак. Трансмісія автомобілів з системою 4Matic має тільки автоматичну коробку передач.

Система повного приводу 4Matic останнього покоління включає автоматичну коробку передач, роздавальну коробку, карданні передачі приводу передньої і задньої осі, головну передачу і міжколісний диференціал передньої і задньої осі, приводні вали з шарнірами рівних кутових швидкостей, півосі задніх коліс.

Центральним конструктивним елементом системи 4Matic є роздавальна коробка, яка здійснює безступінчастий розподіл крутного моменту по осях автомобіля. Роздавальна коробка об'єднує здвоєний планетарний редуктор, циліндричні шестерні, а також приводні вали.

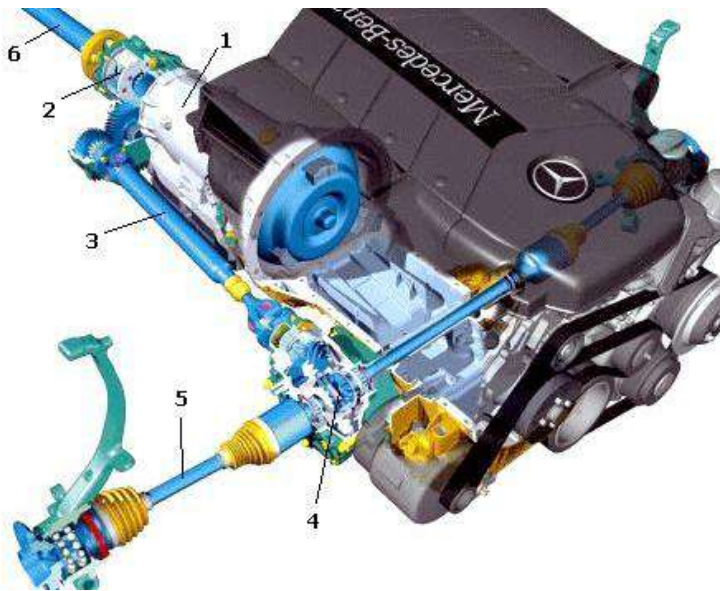
Таблиця 14.1 – Історія системи повного приводу 4Matic

Покоління, автомобілі	Характеристика приводу
1 покоління (з 1986 року) Е-клас (тип 124)	повний привод підключається автоматично, механічні блокування міжосьового і заднього міжколісного диференціалів, керування приводом за допомогою двох гідравлічних муфт, при спрацьовуванні системи ABS відключення повного приводу
2 покоління (з 1997 року) Е-клас (тип 210)	постійний повний привод, міжосьовий і міжколісний диференціали вільного типу, блокування міжколісних диференціалів симулюється за допомогою системи контролю тягового зусилля
3 покоління (з 2002 року) С-клас (тип 203) Е-клас (тип 211) S-клас (тип 220)	постійний повний привод, міжосьовий і міжколісний диференціали вільного типу, контроль за рухом за допомогою системи курсової стійкості, що включає систему контролю тягового зусилля

Планетарний редуктор виконує в коробці функцію несиметричного міжосьового диференціала. Передача крутного моменту відбувається таким чином, що на передню вісь припадає 40 % його номінальної величини, на задню вісь – 60 % (на деяких моделях це співвідношення 45:55).

Приводний вал з'єднаний з водило планетарного редуктора. Вал приводу задньої осі обертається від сонячної шестірні великого діаметру. Вал приводу передній осі порожнистий, з'єднаний з сонячною шестірнею малого діаметру, з іншого боку за допомогою циліндричних шестерень з'єднаний з карданною передачею передньої осі. В системі 4Matic не передбачено блокувань міжосьового і міжколісних диференціалів.

Автоматичний контроль стійкості при русі автомобіля забезпечує система курсової стійкості ESP, яка включає систему контролю тягового зусилля ETS, антипробуксовочну систему ASR і антиблокувальну систему гальм ABS. Система ETS (Electric Traction System) за конструкцією аналогічна електронному блокуванню диференціала.



- 1 – автоматична коробка передач; 2 – роздавальна коробка;  
 3 – карданна передача приводу передній осі; 4 – головна  
 передача і передній міжколісний диференціал; 5 – приводні  
 вали з шарнірами рівних кутових швидкостей;  
 6 – карданна передача приводу задньої осі

Рисунок 14.8 – Схема системи повного приводу 4Matic

При спрацьовуванні система симулює блокування міжколісних диференціалів шляхом пригальмовування коліс які буксують. При цьому крутний момент на колесах з кращим зчепленням збільшується, чим досягається впевнений розгін з місця, прискорення на дорогах з поганим покриттям, тобто, збалансоване керування автомобілем в складних умовах.

### 14.7 Система повного приводу xDrive

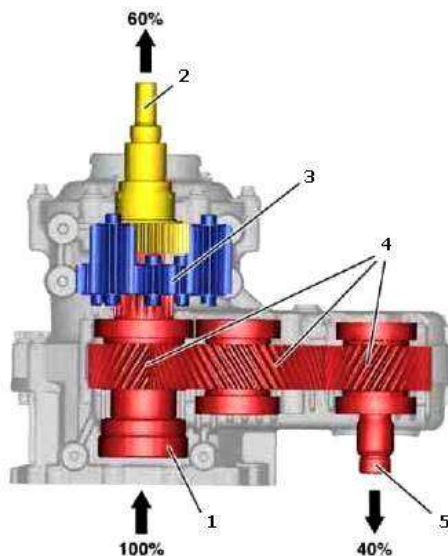
Система повного приводу xDrive є розробкою концерну BMW і відноситься до систем постійного повного приводу. Система забезпечує безступінчастий, безперервний і змінний розподіл крутного моменту між передньою і задньою віссю в залежності від умов руху.

Таблиця 14.2 – Історія розвитку повного приводу від BMW

Покоління	Характеристика
1 покоління, з 1985 року	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 37:63 (37 % – на передню вісь, 63 % – на задню вісь), блокування міжосьового диференціала, заднього міжколісного диференціала за допомогою в'язкісної муфти (віскомуфти)
2 покоління, з 1991 року	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 36:64, блокування міжосьового диференціала за допомогою багатодискової муфти з електромагнітним керуванням, блокування заднього міжколісного диференціала за допомогою багатодискової муфти з електрогідравлічним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між осями (колесами) в межах від 0 до 100 %
3 покоління, з 1999 року	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 38:62, міжосьовий і міжколісного диференціали вільного типу, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія з системою динамічного контролю курсової стійкості
4 покоління, з 2003 року	розподіл крутного моменту між осями при нормальному русі в співвідношенні 40:60, функцію міжосьового диференціала виконує багатодискова фрикційна муфта з електронним керуванням, можливість перерозподілу крутного моменту між осями в межах від 0 до 100 %, електронне блокування міжколісних диференціалів, взаємодія з системою динамічного контролю курсової стійкості

В даний час система xDrive встановлюється на спортивних позашляховиках (SAV, Sports Activity Vehicle) X1, X3, X5, X6 і легкових автомобілях 3-й, 5-й і 7-ї серій. Система повного приводу xDrive в своїй основі використовує традиційну для BMW задньоприводну схему трансмісії. Розподіл крутного моменту між осями здійснюється за допомогою роздавальної коробки, яка

представляє собою зубчасту передачу приводу передньої осі, керовану фрикційною муфтою.

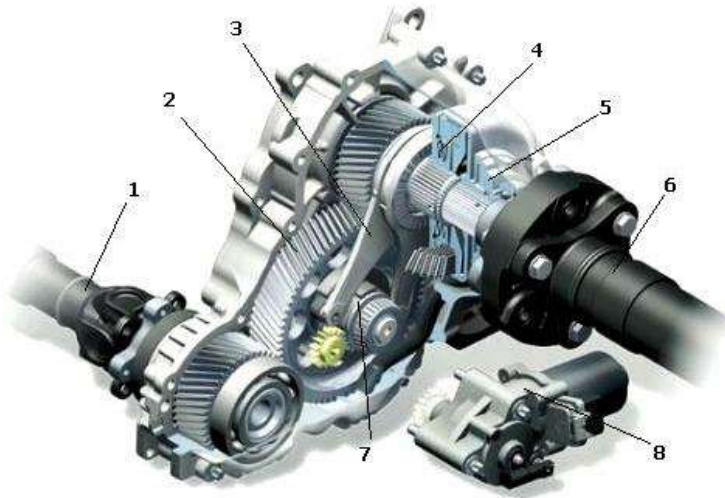


- 1 – приводний вал; 2 – вал приводу задньої осі;  
3 – планетарний редуктор; 4 – циліндричні шестерні;  
5 – вал приводу передньої осі

Рисунок 14.9 – Схема роздавальної коробки системи 4Matic

У трансмісії спортивних позашляховиків замість зубчастої передачі використовується ланцюгова передача. Система xDrive інтегрована з системою динамічного контролю курсової стійкості DSC (Dynamic Stability Control).

Крім електронного блокування диференціала система DSC об'єднує систему контролю тяги DTC (Dynamic Traction Control), систему допомоги при спуску HDC (Hill Descent Control) та ін. Взаємодія систем xDrive і DSC здійснюється за допомогою системи інтегрального керування ходовою частиною ICM (Integrated Chassis Management). Система ICM також забезпечує зв'язку з системою активного рульового керування AFS (Active Front Steering).



- 1 – приводний вал передньої осі; 2 – зубчата передача;  
 3 – важіль; 4 – фрикційна муфта; 5 – масляний насос;  
 6 – приводний вал задньої осі; 7 – ексцентрик;  
 8 – електродвигун зі знижуючим редуктором

Рисунок 14.10 – Схема роздавальної коробки системи xDrive

### ***Принцип роботи системи.***

У роботі системи повного приводу xDrive можна виділити кілька характерних режимів, які визначаються алгоритмом спрацьовування фрикційної муфти:

- зрушення з місця;
- проходження поворотів з надлишковою поворотністю;
- проходження поворотів з недостатньою поворотністю;
- рух на слизькому покритті;
- парковка.

При руханні з місця в нормальних умовах фрикційна муфта замкнута, крутний момент розподіляється по осях в співвідношенні 40:60, чим досягається максимальна тяга при розгоні. При досягненні швидкості 20 км/год розподіл крутного моменту між осями здійснюється в залежності від дорожніх умов.

При проходженні поворотів з надлишковою поворотністю

(задню вісь заносить до зовнішньої сторони повороту) фрикційна муфта замикається з більшою силою, а на передню вісь направляється більший крутний момент.

При необхідності в роботу включається система DSC, стабілізуюча рух автомобіля шляхом пригальмовування коліс. При проходженні поворотів з недостатньою поворотністю (передня вісь зноситься до зовнішньої сторони повороту) фрикційна муфта розмикається, а на задню вісь направляється до 100 % крутного моменту. При необхідності в роботу включається система DSC.

При русі на слизькому покритті (лід, сніг, вода) пробуксовка окремих коліс запобігається за рахунок блокування фрикційної муфти і, при необхідності, електронного міжколісного блокування системи DSC. Під час паркування фрикційна муфта повністю розмикається, автомобіль стає задньоприводним, чим досягається зниження навантажень в трансмісії і рульовому управлінні.

#### **14.8 Система адаптації до дорожніх умов**

Ідея об'єднання повного приводу з іншими електронними системами реалізована в системі адаптації до дорожніх умов (інша назва – система допомоги руху по бездоріжжю). Дана система дозволяє найкращим чином використовувати можливості автомобіля при русі в різних дорожніх умовах і по бездоріжжю. Завдання водія зводиться лише до правильного визначення характеру покриття і включенню відповідного режиму, а система сама забезпечить оптимальне зчеплення, керованість і стійкість автомобіля.

Родоначальником механізмів адаптації до дорожніх умов є система Terrain Response, яка встановлюється на автомобілі Land Rover з 2005 року. Іншими різновидами системи допомоги руху по бездоріжжю є:

- Selec Terrain від Jeep;
- Terrain Management System від Ford;
- Multi-Terrain Select від Toyota;
- X-Mode від Subaru.

У різних системах адаптації до дорожніх умов реалізовано спільний підхід до роботи. Деякі системи використовують навіть

однакові режими руху. Виняток із загального списку становить система X-Mode, в якій допомога руху здійснюється тільки в автоматичному режимі.



Рисунок 14.11 – Система адаптації до дорожніх умов

Конструкція і принцип роботи системи адаптації до дорожніх умов розглянуті на прикладі Terrain Response. Система Terrain Response як будь-яка електронна система керування включає вхідні пристрої, блок керування і виконавчі пристрої.

Вхідними пристроями виступають органи керування системою. Залежно від моделі автомобіля для керування використовуються перемикачі на центральній консолі або поворотний селектор на панелі між передніми сидіннями. З їх допомогою вибирається певний режим руху.

Крім перерахованих режимів на автомобілі Range Rover Evoque використовується динамічний режим, що передбачає активний рух по сухим дорогах з хорошим покриттям. Даний

режим оптимізує тягові характеристики автомобіля, підлаштовуючи їх під стиль водіння, а не тип поверхні, тому до системи адаптації відношення не має.

Таблиця 14.3 – Режими руху в системі Terrain Response

<b>Найменування режиму</b>	<b>Призначення режиму</b>
Основна програма	Рух по сухому твердому дорожньому покриттю
Трава, гравій, сніг	Рух по слизьким, сипучим і пухким поверхням
Бруд, колія	Рух по бруду, ям, м'яким і нерівних поверхнях
Пісок	Рух по поверхнях, покритим сухим піском або товстим шаром гравію (снігу)
Камені, малий хід (не на всіх моделях)	Обережне рух по кам'янистому основи, в тому числі перетин річок убрід
Автоматичний (не на всіх моделях)	Рух по будь-яких дорогах і бездоріжжю

Сигнали від органів керування подаються в електронний блок керування, де активується відповідна програма, яка формує керуючі впливу на підлеглі електронні системи. Власних виконавчих пристроїв система Terrain Response не має, а впливає на електронні блоки керування різних систем автомобіля, оптимізуючи їх роботу під конкретні умови руху.

Підконтрольними Terrain Response системами є: система керування двигуном, автоматична коробка передач, система повного приводу, пневматична підвіска, антипробуксовочна система, система курсової стійкості. За допомогою системи керування двигуном для однакового ходу і інтенсивності натискання електронної педалі акселератора реалізується різний крутний момент. Відповідно до обраної програми руху змінюється алгоритм роботи автоматичної коробки передач, забезпечуючи максимальну потужність двигуна і не допускаючи пробуксовки коліс.

Система Terrain Response використовується з різними схемами повного приводу: класичної – з роздавальної коробкою,

міжосьовим і міжколісним диференціалами, автоматичною – з дисковою електрогідравлічною муфтою. У кожному разі блокуванням диференціалів (імітацією блокування) досягається ефективний розподіл крутного моменту між осями і окремими колесами. При наявності понижувальної передачі в роздавальній коробці використовується понижуючий діапазон передач.

Пневматична підвіска автоматично змінює висоту кузова. У антипробуксовочної системи використовуються різні порогові значення пробуксовки, що дозволяє поліпшити зчеплення коліс з дорогою. При використанні спеціальних режимів знижується вплив на автомобіль системи курсової стійкості і не потрібне її відключення.

Інформація про роботу системи і вибрані режими руху виводиться у вигляді індикаторів на комбінації приладів і (або) текстових і графічних повідомлень на інформаційному дисплеї.

#### **14.9 Коробка передач**

Коробка передач є важливим конструктивним елементом трансмісії автомобіля і призначена для зміни крутного моменту, швидкості і напрямку руху автомобіля, а також тривалого від'єднання двигуна від трансмісії. Залежно від принципу дії розрізняють ступінчасті, безступінчасті і комбіновані коробки передач. Тип коробки передач багато в чому визначає тип трансмісії автомобіля. У ступінчастих коробках передач крутний момент змінюється ступінчасто. До них відносяться механічна і роботизована коробки передач.

*Механічна коробка передач* (скорочене найменування – МКПП, повсякденна назва – механіка) являє собою багатоступінчастий циліндричний редуктор, в якому передбачено ручне перемикавання передач. Залежно від числа ступенів розрізняють чотириступінчасту, п'ятиступінчасту, шестиступінчасту, семиступінчасту і більше коробки передач.

Основними перевагами механічної коробки передач є простота конструкції, надійність, можливість ручного керування в усіх режимах руху. Завдяки цим якостям МКПП є найпоширенішим типом коробки передач. Разом з тим, все більше споживачів в останні роки вибирають коробки з автоматичним керуванням.

**Роботизована коробка передач** (інше найменування – автоматизована коробка передач, повсякденна назва – робот) являє собою механічну коробку передач, в якій автоматизовані функції виключення зчеплення і перемикання передач. Сучасні роботи мають подвійне зчеплення, яке забезпечує передачу крутного моменту без розриву потоку потужності.

Застосування роботизованої коробки передач з подвійним зчепленням забезпечує зниження витрати палива, високу розгінну динаміку. Завдяки даним якостям, популярність роботів стрімко зростає. В даний час роботизовані коробки передач встановлюються як на бюджетні автомобілі (Volkswagen, Ford), так і автомобілі преміум класу (Bentley, Porsche). Відомими конструкціями роботизованих коробок передач є коробки передач DSG (Direct Shift Gearbox), SMG (Sequential M Gearbox), Ізітронік.

До безступінчастих коробок передач відноситься варіатор (повсякденна назва – варіаторна коробка передач). На відміну від ступінчастих коробок, передавальне число у варіатора змінюється плавно. Це досягається за рахунок гідравлічного або механічного перетворення крутного моменту.

Завдяки своїй конструкції варіатор забезпечує оптимальні динамічні характеристики автомобіля. З іншого боку варіаторна коробка передач має обмеження по величині передавального крутного моменту. Окремі конструкції мають нарікання в плані надійності та ресурсу. Варіатори використовують, в основному японські автомобільні компанії (Nissan, Honda, Subaru), з європейських – Audi. Відомими конструкціями варіаторів є Мультитронік, Екстрод.

Комбінований принцип дії використовується в автоматичній коробці перемикання передач (скорочене найменування – АКПП, повсякденна назва – коробка-автомат). Класична автоматична коробка передач включає гідротрансформатор (замінює зчеплення і забезпечує безступінчасте регулювання крутного моменту) і механічну коробку передач (зазвичай планетарний редуктор). Сучасні автомати мають сім (7G-Tronic) і навіть дев'ять ступенів передач.

Коробка-автомат забезпечує плавне перемикання передач і високу надійність роботи. При цьому АКПП має підвищену

витрату палива і низьку розгінну динаміку. У ряді конструкцій автоматичної коробки передач передбачена імітація ручного перемикування передач.

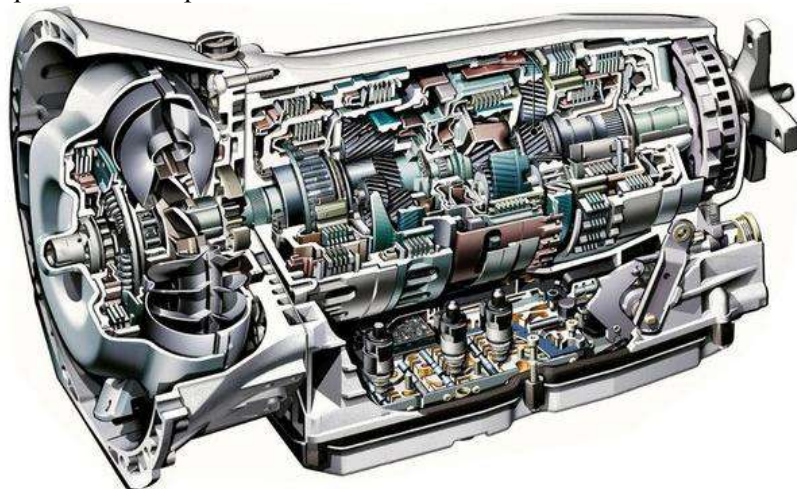


Рисунок 14.12 – Класична автоматична коробка передач

В даний час терміном «автоматична коробка передач» позначаються не тільки класична гідротрансформаторна коробка, а також роботизована коробка передач і варіатор. Всі вони мають електронне керування. Різновидом автоматичної коробки передач є т.зв. адаптивна коробка передач, що враховує стиль водіння конкретної людини.

#### **14.10 Автоматична коробка передач**

Автоматична коробка передач (скорочена назва АКПП, повсякденна назва – коробка-автомат) є найпоширенішим пристроєм зміни крутного моменту, що застосовуються в автоматичній трансмісії автомобіля. Традиційно автоматичною називають гідромеханічну коробку передач. Автоматична коробка передач складається з гідротрансформатора, механічної коробки передач і системи керування.

На коробках-автоматах, що встановлюються на передньопривідні легкові автомобілі, в конструкцію включені головна передача і диференціал. Гідротрансформатор

призначений для передачі і зміни крутного моменту від двигуна до механічної коробки передач, а також зменшення вібрацій.

Конструкція гідротрансформатора включає насосне, турбінне і реакторне колеса, блокувальну муфту, муфту вільного ходу. Гідротрансформатор поміщений у власний корпус. Насосне колесо сполучене з колінчастим валом двигуна. Турбінне колесо пов'язане з механічною коробкою передач.



Рисунок 14.13 –  
Гідротрансформатор

Всі конструктивні елементи гідротрансформатора розташовані в корпусі, який заповнений спеціальною робочою рідиною ATF (Automatic Transmissions Fluid). Робота гідротрансформатора здійснюється по замкнутому циклу. Від насосного колеса потік рідини передається на турбінне колесо, далі на реакторне колесо.

За рахунок конструкції лопатей реактора швидкість потоку посилюється. Потік направляється на насосне колесо і змушує його обертатися швидше, тим самим збільшується величина крутного моменту. Максимальну величину крутного моменту гідротрансформатор розвиває на мінімальній швидкості. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна, кутові швидкості насосного та турбінного коліс вирівнюються, а потік рідини змінює свій напрямок.

При цьому спрацьовує муфта вільного ходу і реакторне

Між насосним і турбінним колесами розташовується нерухоме реакторне колесо. Всі колеса гідротрансформатора оснащені лопатями певної форми, між якими передбачені канали для проходу робочої рідини. Блокувальна муфта служить для блокування гідротрансформатора в певних режимах роботи автомобіля.

Муфта вільного ходу (інша назва – обгінна муфта) забезпечує обертання жорстко закріпленого реакторного колеса в протилежну сторону.

колесо починає обертатися. Гідротрансформатор працює в режимі гідromуфти (передає тільки крутний момент).

З подальшим зростанням швидкості відбувається блокування гідротрансформатора, при якій замикається блокуюча муфта, і передача крутного моменту від двигуна до механічної коробки передач відбувається безпосередньо. Гідротрансформатор блокується практично на всіх передачах.

В сучасних автоматичних коробках є режим з прослизаючою муфтою блокування гідротрансформатора, який передує повному блокуванню. Режим реалізується за певних умов (швидкість, навантаження) під час розгону автомобіля і дозволяє знизити витрату палива, забезпечити комфорт при перемиканні передач.

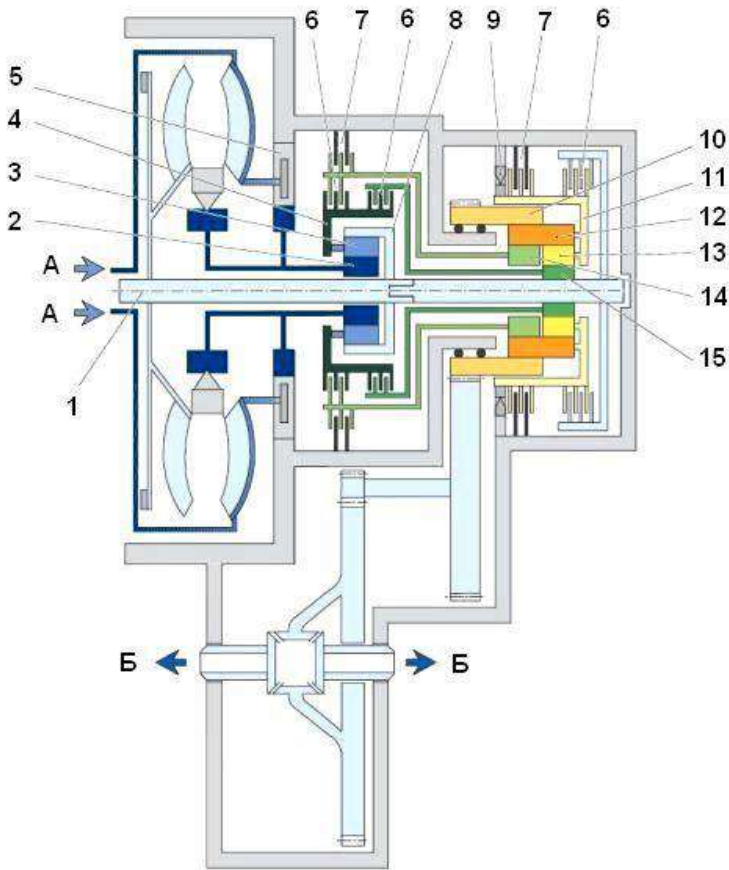


Рисунок 14.14 – Роботизована коробка передач

Механічна коробка передач в складі АКПП служить для ступінчастої зміни крутного моменту, а також забезпечує рух автомобіля заднім ходом. На автоматичних коробках, як правило, застосовуються планетарні редуктори, що відрізняються компактністю і можливістю співвісної роботи.

Механічна коробка передач складається з декількох (зазвичай двох) планетарних редукторів, з'єднаних послідовно для спільної роботи. Об'єднання планетарних редукторів дозволяє забезпечити необхідне число ступенів роботи.

Сучасні автоматичні коробки виконуються шестиступінчастими, семиступінчастими, восьмиступінчастими (Audi, Bentley, BMW, Chrysler, Jaguar, Lexus) і навіть дев'ятиступеневими (Mercedes, Land Rover). Планетарний редуктор в коробці передач складається з декількох послідовних планетарних передач, що утворюють планетарний ряд. Кожна планетарна передача включає сонячну шестерню, сателіти, коронну шестерню і водило.



- 1 – вал турбінного колеса; 2 – сонячна шестерня одинарного планетарного ряду; 3 – сателіти одинарного планетарного ряду; 4 – водило одинарного планетарного ряду; 5 – шестерінчастий насос; 6 – фрикційна муфта; 7 – фрикційне гальмо; 8 – коронна шестерня одинарного планетарного ряду; 9 – обгінна муфта; 10 – коронна шестерня здвоеного планетарного ряду; 11 – водило здвоеного планетарного ряду; 12 – довгі сателіти здвоеного планетарного ряду; 13 – короткі сателіти здвоеного планетарного ряду; 14 – велика сонячна шестерня здвоеного планетарного ряду; 15 – мала сонячна шестерня здвоеного планетарного ряду  
 А – підведений крутний момент; Б – відбір потужності

Рисунок 14.15 – Схема автоматичної коробки передач

Зміна крутного моменту і передача обертання здійснюються за умови блокування одного або двох елементів планетарного ряду (сонячної шестерні, коронної шестерні, водила). Блокування коронної шестерні планетарного ряду призводить до збільшення передавального відношення. Нерухома сонячна шестерня, навпаки, зменшує передавальне відношення.

Блокування водила призводить до зміни напрямку обертання. Блокування здійснюють відповідні фрикційні муфти і гальма (обіходна назва – фрикціони). Муфта блокує елементи планетарного ряду між собою. Гальмо утримує конкретні елементи редуктора за рахунок з'єднання з корпусом коробки. У різних конструкціях АКПП використовуються багатодискові або стрічкові гальма.

Муфти та гальма замикаються за допомогою гідроциліндрів, які управляються з розподільного модуля. У конструкції коробки може застосовуватися обгінна муфта, яка утримує водило від обертання в протилежну сторону.

Таким чином, механізмами перемикання передач в автоматичній коробці є фрикційні муфти і гальма. Робота АКПП полягає у виконанні певного алгоритму включення і виключення муфт і гальм.

На сучасних автоматичних коробках передач застосовується електронна система керування, яка включає вхідні датчики, електронний блок керування, розподільний модуль і важіль селектора.

В системі *використовуються наступні датчики*: частоти обертання на вході коробки передач, частоти обертання на виході коробки передач, температури робочої рідини, положення важеля селектора, положення педалі акселератора.

Електронний блок керування коробкою передач обробляє сигнали датчиків і формує керуючі сигнали на виконавчі пристрої розподільного модуля. У своїй роботі електронний блок реалізує т.зв. програму «нечіткої логіки» (fuzzy logic), що передбачає гнучкий алгоритм визначення точок переходу на вищу або нижчу передачу. Блок керування коробкою передач взаємодіє з системою керування двигуном.

Розподільчий модуль (інше найменування – гідравлічний блок) керує потоками робочої рідини і забезпечує

спрацьовування фрикційних муфт і гальм. Він складається з електромагнітних клапанів і золотників-розподільників з механічним приводом, з'єднаних каналами і поміщених в алюмінієвий корпус.

Електромагнітні клапани (не дуже коректна повсякденна назва – соленоїди) використовуються для керування перемиканням передач (двохпозиційні клапани) і регулювання тиску рідини (клапани з широтно-імпульсною модуляцією). Роботою електромагнітних клапанів керує електронний блок керування коробкою передач. Золотники-розподільники забезпечують вибір режимів роботи і приводяться в дію від важеля селектора.

Циркуляцію робочої рідини в автоматичній коробці передач здійснює шестерінчастий насос з внутрішнім зачепленням шестерень або лопатевий насос. Насос приводиться в дію від маточини гідротрансформатора. Насос є основою гідравлічної системи коробки передач, в яку крім нього входить гідравлічний блок, гідроциліндри приводу муфт і гальм, трубопроводи.

Охолодження робочої рідини в АКПП виробляє відповідна система. Робоча рідина може охолоджуватися в охолоджувачі (теплообміннику), включеному в систему охолодження двигуна. Ряд конструкцій коробок має окремий радіатор робочої рідини.

Безпосереднє керування АКПП здійснюється важелем селектора. Вибір потрібного режиму роботи коробки проводиться переміщенням важеля в певне положення:

P – режим парковки;

R – режим заднього ходу;

N – нейтральний режим;

D – рух вперед в режимі автоматичного перемикання передач;

S – спортивний режим.

На окремих коробках реалізується т.зв. режим «кік-даун» (kick-down), що передбачає різке прискорення автомобіля шляхом перемикання на знижену передачу. Необхідність прискорення визначається за допомогою датчика положення педалі газу. Деякі моделі автоматичних коробок обладнуються функцією ручного перемикання передач, т.зв. функція Tiptronic.

## 14.11 Керування автоматичною коробкою передач

Керування автоматичною коробкою передач здійснює електрогідравлічна система. Під терміном «електрогідравлічна» слід розуміти, що безпосереднє керування процесом перемикання передач і блокування гідротрансформатора здійснює гідравлічна система, а регулювання потоків робочої рідини – електронна система.

Електроніка в управлінні АКПП дозволяє добитися високої швидкості перемикання передач, плавності роботи, економії палива. Крім цього електронна система керування надає можливість використовувати одну коробку передач з різними двигунами і на різних автомобілях тільки за рахунок перепрограмування блоку керування.

Електронна система керування автоматичною коробкою передач включає вхідні датчики, блок керування і виконавчі пристрої. До вхідних датчиків належать: датчик положення важеля селектора, датчик частоти обертання на вході коробки передач, датчик частоти обертання на виході коробки передач, датчик температури робочої рідини, датчик режиму Tiptronic, датчик режиму «кік-даун».

*Датчик положення важеля селектора* (інша назва – багатофункціональний датчик) враховує положення важеля селектора коробки передач, відповідно до якого блок керування активізує відповідні програми. Інформація від датчика частоти обертання на вході коробки передач використовується при перемиканні передач і блокуванні гідротрансформатора.

*Датчик частоти обертання на виході коробки передач* видає параметр, за яким проводиться перемикання передач.

*Датчик температури робочої рідини* використовується для регулювання тиску робочої рідини і захисту системи від перегріву.

*Датчик режиму Tiptronic* є мікроперемикачем, за сигналами якого відбувається перемикання передачі на вищу або нижчу ступінь.

*Датчик режиму «кік-даун»* встановлюється на педалі газу і запускає програму різкого прискорення автомобіля.

На основі сигналів, що надходять від датчиків, електронний

блок керування визначає логіку перемикання передач відповідно до закладеної програми. Блок керування взаємодіє з іншими електронними системами автомобіля: керування двигуном, антиблокувальною системою гальм (курсової стійкості), рульовим керуванням, клімат-контролем.

Блок керування АКПП в роботі використовує сигнали ряду датчиків системи керування двигуном: частоти обертання колінчастого вала, положення дросельної заслінки, положення педалі акселератора. Крім цього, блок керування двигуном при необхідності зменшує крутний момент при перемиканні передач.

На підставі сигналів датчиків частоти обертання коліс, що входять до складу системи ABS (ESP), розпізнаються різні умови руху (поворот, спуск, пробуксовка). В управлінні автоматичною коробкою передач можуть використовуватися показання датчика кута повороту рульового колеса.

Блок керування реалізує управлінські функції за допомогою виконавчих пристроїв – електромагнітних клапанів в гідравлічному блоці, а також електромагніту блокування важеля селектора.

Для керування потоками робочої рідини використовуються двохпозиційні клапани (відкрито / закрито) і клапани з широтно-імпульсною модуляцією (мають змінний прохідний отвір). За допомогою регульованих потоків рідини проводиться блокування муфт, гальм і включення конкретної передачі, а також блокування муфти гідротрансформатора. Важіль селектора від несанкціонованого включення блокується електромагнітом. Зняття з блокування можливе лише при натиснутій педалі гальма.

### ***Принцип роботи системи керування.***

Керування автоматичною коробкою передач засноване на визначенні оптимального моменту перемикання передач. Момент перемикання розраховується на основі великої кількості даних (параметрів) за принципом нечіткої логіки, що допускає навмисну невизначеність у виборі рішення.

На сучасних автоматичних коробках реалізована ***адаптивна*** (інша назва – динамічна) ***програма керування***, в якій процес вибору і перемикання передач адаптований до конкретних потреб водія і поточної дорожньої ситуації.

Адаптація коробки передач до стилю водіння конкретної

людини виробляється шляхом оцінки характеру розгону (інтенсивності натискання педалі газу) і характеру гальмування (інтенсивності натискання педалі гальма). За результатами оцінки запускається відповідний алгоритм керування.

У адаптивній програмі керування автоматичною коробкою передач враховуються такі умови руху: ухил, поворот, рух з причепом, рух по зимовій дорозі, прискорення, міський режим руху.

**Рух під ухил** розпізнається по прискоренню автомобіля і відпущеній педалі газу. Система керування блокує перемикання коробки на вищу передачу, що дозволяє використовувати гальмування двигуном. При натисканні на педаль гальма відбувається перемикання на одну передачу вниз, що надає додаткову допомогу при гальмуванні.

**Рух в повороті** визначається за різницею кутових швидкостей лівого і правого коліс. Програма керування блокує перемикання на вищу передачу. Автомобіль в повороті рухається на зниженій передачі, чим досягається курсова стійкість і забезпечується краще прискорення при виході з повороту.

**Рух з причепом** оцінюється по збільшенню тягового зусилля. Для забезпечення рівномірності руху з причепом програма уникає частих перемикань передач. Адаптація до зимових умов руху досягається за рахунок зрушення з 2-ї передачі і раннього перемикання на підвищену передачу, що дозволяє уникнути пробуксовки.

В умовах **міського режиму руху**, що характеризується частими зупинками і зрушення з місця, адаптивне керування передбачає початок руху автомобіля з 2-ї передачі. Тим самим, знижується витрата палива і досягається комфорт руху.

**Різке прискорення автомобіля** потрібне для здійснення обгону, завершення небезпечного маневру, та й просто для динамічної їзди. Потреба в режимі «кік-даун» розпізнається за інтенсивністю натискання педалі газу.

При цьому блок керування зміщує момент перемикання передач вгору, при русі на підвищеній передачі примусово включається нижча передача, переключення на вищу передачу проводиться тільки при досягненні максимальної частоти обертання.



Рисунок 14.16 – Блок-схема електронно-керованої трансмісії

Програма адаптивного керування автоматично встановлює оптимальні настройки фізичного зносу в муфтах і гальмах, що дозволяє зберегти незмінну якість перемикання передач протягом всього терміну служби коробки.

На деяких автоматичних коробках передач передбачений спортивний режим роботи, який забезпечує максимальне використання потужності двигуна. Режим забезпечує кращу розгінну динаміку за рахунок більш пізнього перемикання

передач. Слід пам'ятати, і тим більше розуміти, що детальний опис всіх конструктивних особливостей існуючих типів і моделей автоматичних коробок передач автомобілів, не тільки не є самоціллю, а й виходить за рамки даного курсу.

З огляду на це, тут викладено лише найважливіші моменти для розуміння «загальної картини», куди все рухається на даний момент, в плані вдосконалення конструкцій коробок-автоматів. Але в той же час, на основі аналізу різних конструктивних рішень, все ж можна скласти якусь загальну блок-схему, для полегшення розуміння з'єднання датчиків і систем в єдине ціле (рис. 14.16).

### **14.12 Функція (Tiptronic)**

Назва Tiptronic – є торговою маркою функції (режиму) ручного перемикання передач, який реалізується в автоматичній коробці передач. Крім споживчих якостей, дана функція дозволяє контролювати динаміку автомобіля при різних режимах роботи двигуна (додаткове прискорення, гальмування двигуном, включення пониженої передачі при повороті та ін.), що недоступно для класичної АКПП.

Торгова марка Tiptronic зареєстрована в 1989 році і належить німецькому виробникові спортивних автомобілів Porsche. Спочатку система була розроблена для автоспорту, щоб забезпечити швидке переключення передач за рахунок найменшої траєкторії важеля керування.

В даний час функція Tiptronic використовується на автоматичних коробках передач, що встановлюються на автомобілі концерну Volkswagen (VW, Audi, Skoda, Seat, Porsche), а також на роботизованих коробках передач DSG, S-Tronic і варіаторі Multitronic. Аналогічна функція під назвою стептронік (Steptronic) реалізується на автомобілях BMW. Завдяки широкому поширенню ручного режиму на автоматичних коробках передач назва Tiptronic стала прозивою.

Багато хто використовує термін «тіптронік» для позначення окремої конструкції автоматичної коробки передач, яка включає функцію ручного перемикання передач, що не зовсім вірно. Tiptronic – це тільки функція АКПП.



Рисунок 14.17 – Функція автоматичної коробки передач Tiptronic

Режим Tiptronic здійснюється за допомогою важеля селектора автоматичної коробки передач. Для цього в кулісі селектора передбачений спеціальний виріз зі знаками «+» і «-». На деяких моделях автомобілів ручне перемикачання передач здійснюється за допомогою підрульових перемикачів («пелюсток»). Обрана передача транслюється на інформаційний дисплей.

Функція реалізується за допомогою окремої програми в електронному блоці керування коробкою передач. Роботу системи Tiptronic забезпечують перемикачі в селекторі коробки передач і перемикачі (при наявності) на рульовому колесі.

У селекторі коробки передач може встановлюватися від одного до трьох (залежно від конструкції) перемикачів: один – для включення режиму, другий – для перемикачання на вищу передачу і третій – для перемикачання на нижчу передачу. Сигнали від перемикачів передаються в електронний блок керування, де запускається алгоритм програми. Блок керування, в свою чергу, забезпечує перемикачання передач.

При натисканні на підрульові «пелюстки» система керування переводить коробку в ручний режим, минаючи перемикачання важеля селектора. Якщо підрульові перемикачі не використовуються водієм, то після закінчення певного часу

система керування самостійно переводить коробку в автоматичний режим роботи. У варіаторі Multitronic функція Tiptronic здійснюється за рахунок програмування фіксованих передавальних чисел в варіаторі.

### **14.13 Роботизована коробка передач**

Роботизована коробка передач (повсякденна назва – коробка-робот) являє собою механічну коробку передач, в якій функції виключення зчеплення і перемикання передач автоматизовані. Назва «роботизована коробка передач» свідчить про те, що водій і умови руху формують тільки вхідну інформацію для системи управління, а роботою коробки передач керує електронний блок з певним алгоритмом управління.

Роботизована коробка передач поєднує в собі комфорт автоматичної коробки передач, надійність і паливну економічність механічної коробки передач. При цьому «робот» в більшості своїй значно дешевше класичної АКПП. В даний час практично всі провідні автовиробники оснащують свої автомобілі роботизованими коробками передач, встановлюючи їх на всю лінійку моделей від малого до преміум класу.

#### ***Устрій роботизованої коробки передач.***

Роботизовані коробки передач розрізняються по конструкції, разом з тим, можна виділити загальну будову даного агрегату – механічна коробка передач з системою управління зчепленням і передачами.

В автоматизованих коробках передач використовується зчеплення фрикційного типу. Це може бути окремий диск або пакет фрикційних дисків. Прогресивним в конструкції коробки передач є т.зв. подвійне зчеплення, яке забезпечує передачу крутного моменту без розриву потоку потужності.

В основу конструкції роботизованою коробки покладена механічна коробка передач. При виробництві використовуються, в основному, готові технічні рішення. Наприклад, автоматизована коробка передач Speedshift від Mercedes-Benz побудована на базі АКПП 7G-Tronic шляхом заміни гідротрансформатора на фрикційне багатодискове зчеплення.

В основі коробки SMG від BMW лежить шестиступінчаста «механіка», обладнана електрогідравлічним приводом зчеплення.

Коробки-роботи можуть мати електричний або гідравлічний привід зчеплення і передач. В електричному приводі виконавчими органами є сервомеханізми (електродвигун і механічна передача).



Рисунок 14.18 – Роботизована коробка передач Opel Easytronic

Гідравлічний привід здійснюється за допомогою гідроциліндрів, які управляються електромагнітними клапанами. Такий вид приводу ще називають електрогідравлічним. У ряді конструкцій «роботів» з електричним приводом (Easytronic від Opel, Durashift EST від Ford) використовується гідравлічний блок з електродвигуном для переміщення головного циліндра приводу зчеплення.

Електричний привід відрізняє невисока швидкість роботи (час перемикання передач 0,3-0,5 с) і менше енергоспоживання. Гідравлічний привід передбачає постійне підтримання тиску в

системі, а отже великі витрати енергії. Але з іншого боку він швидший.

Деякі роботизовані коробки передач з гідравлічним приводом, що встановлюються на спортивні автомобілі, мають просто вражаючу швидкість перемикання передач: Ferrari 599GTO – 0,06 с, Lamborghini Aventador – 0,05 с. Ці якості визначають область застосування «роботів» з електричним приводом на бюджетних автомобілях, з гідравлічним приводом – на більш дорогих автомобілях. Електричний привод мають такі конструкції коробок передач:

- Allshift від Mitsubishi;
- Dualogic від Fiat;
- Durashift EST від Ford;
- Easytronic від Opel;
- MultiMode від Toyota;
- SensoDrive від Citroen;
- 2-Tronic від Peugeot.

Досить велика кількість роботизованих коробок оснащені гідравлічним приводом:

- ISR (Independent Shifting Rods) від Lamborghini;
- Quickshift від Renault;
- R-Tronic від Audi;
- Selespeed від Alfa Romeo;
- SMG від BMW.

Управління роботизованою коробкою передач здійснює електронна система, яка включає вхідні датчики, електронний блок управління і виконавчі механізми. Вхідні датчики відслідковують основні параметри коробки передач: частоту обертання на вході і виході, положення вилок включення передач, положення селектора, а також тиск і температуру масла (для гідравлічного приводу) і передають їх в блок управління.

На підставі сигналів датчиків електронний блок управління формує керуючі впливи на виконавчі механізми відповідно до закладеної програми. У своїй роботі електронний блок взаємодіє з системою управління двигуном, системою ABS (ESP). У роботизованих коробках з гідравлічним приводом в систему управління додатково включений гідравлічний блок управління, який забезпечує безпосереднє управління гідроциліндрами і

тиском в системі.

Виконавчими механізмами роботизованої коробки передач в залежності від виду приводу є електродвигуни (електричний привід), електромагнітні клапани гідроциліндрів (гідравлічний привід).

### ***Коробка передач з подвійним зчепленням.***

Основним недоліком роботизованої коробки передач є порівняно великий час перемикання передач, що призводить до ривків і провалів в динаміці автомобіля і, відповідно, знижує комфорт від керування транспортним засобом. Рішення зазначеної проблеми було знайдено в застосуванні коробки передач з двома зчепленнями, що забезпечила перемикання передач без розриву потоку потужності.



Рисунок 14.19 – Коробка передач з подвійним зчепленням Volvo S60

Подвійне зчеплення дозволяє при включеній передачі вибрати наступну передачу і при необхідності включити її без перерви в роботі коробки. Звідси інша назва роботизованої коробки передач з двома зчепленнями – ***преселективна коробка передач*** (від preselect – попередньо вибрати).

Іншою перевагою коробки передач з подвійним зчепленням є

висока швидкість перемикання передач, що залежить тільки від швидкості перемикання муфт (DSG від Volkswagen – 0,2 с, DCT M Drivelogic від BMW – 0,1 с). «Робот» з двома зчеплення відрізняє ще й компактність, що актуально для малолітражних автомобілів. Поряд з цим, можна відзначити підвищене енергоспоживання коробки (особливо з «мокрим» зчепленням). Порівняно висока швидкість перемикання передач в сукупності з безперервною передачею крутного моменту дозволяють домогтися відмінної розгінної динаміки автомобіля та економії палива.

В даний час подвійне зчеплення застосовується в багатьох роботизованих коробках передач:

- DCT M Drivelogic від BMW;
- DSG від Volkswagen;
- PDK від Porsche;
- Powershift від Ford, Volvo;
- Speedshift DCT від Mercedes-Benz;
- S-Tronic від Audi;
- TCT від Alfa Romeo;
- Twin Clutch SST від Mitsubishi.

Навіть чудова Ferrari 458 Italia обладнана Doppelkupplungsgetriebe (коробка передач з подвійним зчепленням). Всі перераховані роботизовані коробки передач використовують гідравлічний привод зчеплення і передач. І лише одна коробка передач на сьогоднішній день має електричний привод пристроїв, це EDC (Efficient Dual Clutch) від Renault (час перемикання передач 0,29с).

#### **14.14 Система контролю тиску в шинах**

Система контролю тиску в шинах (TPMS, Tires Pressure Monitoring System) призначена для попередження про небезпечну зміну тиску в шинах. Дана система пропонується в якості опції при покупці автомобіля. Систему також можна придбати і встановити окремо. Система TPMS встановлюється на автомобілі з 2000 року. В даний час наявність системи контролю тиску в шинах є обов'язковою в ряді європейських і азійських країн, а також в США.



Рисунок 14.20 – Датчик тиску в шинах

Розрізняють два види систем контролю тиску в шинах: непрямого і прямого виміру тиску. Найбільш простою з точки зору конструкції є система непрямого вимірювання тиску, що представляє собою програмне розширення блоку керування системи ABS. Принцип роботи даної системи заснований на тому, що спущене колесо має менший радіус і відповідно проходить за один оберт меншу відстань, ніж справне колесо.

Датчики частоти обертання коліс системи ABS визначають відрізок шляху, пройдений кожною шиною окремо, за один оборот. Сигнали датчиків порівнюються в блоці ABS з контрольними параметрами. При розбіжності значень, загоряється індикатор (контрольна лампа) на панелі приладів і подається звуковий сигнал.

В системі передбачено адаптацію до зміни параметрів тиску повітря в шинах в разі їх заміни або проведення сервісних робіт на ходовій частині – т.зв. калібрування системи. При русі в новій якості, система оцінює і запам'ятовує параметри шин. Процес калібрування поступово переходить в контроль нових параметрів тиску в шинах.

Перевагами системи непрямого вимірювання тиску в шинах є

відсутність додаткових конструктивних елементів і пов'язана з цим низька ціна. Разом з тим система має істотні обмеження в експлуатації, в тому числі не визначає тиск перед початком руху, має низьку точність і високий поріг (30 %) визначається відхилення тиску.

Система прямого виміру тиску передбачає вимірювання тиску в кожному колесі за допомогою відповідного датчика. Система включає датчики тиску в шинах, приймальню антену (антени), блок керування і дисплей.

Датчик тиску в шинах є складним пристроєм, що об'єднує датчик тиску, датчик температури, електронні компоненти вимірювання і керування, акумулятор і передавальну антену.

Датчик встановлюється на кожне колесо замість штатного вентиля. Інформація від датчика передається імпульсами з періодичністю, як правило, одна хвилина. Акумулятор підтримує працездатність датчика протягом 7-10 років. Після розрядки акумулятора старий датчик замінюється на новий.

Приймальна антена здійснює прийом сигналів від датчиків тиску і передачу їх в блок керування. В якості приймальної антени може використовуватися антена центрального замка автомобіля. На деяких автомобілях встановлюється розширена версія системи контролю тиску, в якій для кожного датчика застосовується індивідуальна антена. Це дозволяє контролювати тиск в конкретному колесі і виводити його значення на інформаційний дисплей. Антена встановлюється в колісній арці кузова автомобіля.

Блок керування приймає інформацію від датчиків і порівнює отримані дані з контрольними параметрами тиску. У разі падіння тиску загоряється індикатор (контрольна лампа) на панелі приладів, подається звуковий сигнал. Дані сигнали вказують, що в якійсь шині тиск знизився нижче допустимого рівня. При цьому водій повинен зупинити транспортний засіб, перевірити тиск в кожній шині і визначити спущену шину.

У розширеній версії системи контролю тиску в шинах крім сигналів виводиться текстова та графічна інформація на дисплей. При наявності бортового комп'ютера для відображення інформації про тиск у шинах використовується дисплей комп'ютера. Надана інформація дозволяє виявити шину, в якій

знизився тиск, а також оцінити фактичний тиск в ній.

Система контролю тиску в шинах прямого виміру дозволяє оцінювати незначну, сильну, а також раптову зміну тиску. В системі передбачено адаптацію до зміни параметрів у разі заміни шини або датчика тиску. У більшості сучасних систем адаптація проводиться автоматично при русі автомобіля з певною швидкістю протягом певного часу. Ряд конструкцій систем TPMS після заміни шин (датчиків) припускають перепрограмування за допомогою спеціального сканера.

#### **14.15 Система запобігання ненавмисного прискорення**

При парковці автомобіля з автоматичною коробкою передач все частіше трапляються випадки ненавмисного прискорення, викликані помилками в діях водія (особливо похилого віку): неправильним вибором педалі, надмірним натисканням педалі газу, перемиканням селектора коробки передач при натиснутій педалі газу.

Автомобіль несподівано прискорюється, що призводить до різних аварій – зіткнень з іншими автомобілями, спорудами, пішоходами. Для зниження аварійності при пакуванні розробляються різні системи запобігання ненавмисного прискорення. Такі системи в даний час пропонують Toyota, Nissan, General Motors.

Компанія Toyota розробила дві системи запобігання ненавмисного прискорення – Intelligent Clearance Sonar і Drive-Start Control. Системи не дублюють, а взаємно доповнюють одна одну.

*Система Intelligent Clearance Sonar* базується на кількох ультразвукових датчиках, які сканують простір попереду і позаду автомобіля. При прискоренні автомобіля, пов'язаному з неправильним використанням педаль і надмірним натисканням педалі газу, датчики визначають положення перешкод і відстань до них.

Сигнали від датчиків обробляє електронний блок керування, який взаємодіє з іншими системами автомобіля – системою керування двигуном і системою курсової стійкості. З їх допомогою при необхідності знижується потужність двигуна (гальмування двигуном) і активізується гальмівна система.

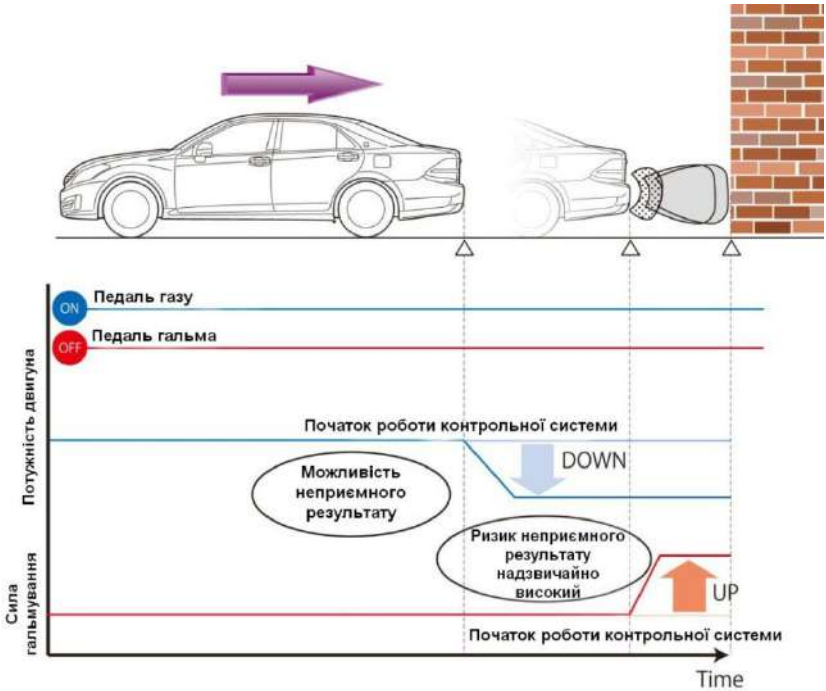


Рисунок 14.21 – Система Intelligent Clearance Sonar

Зниження потужності двигуна здійснюється шляхом закриття

дросельної заслінки з електричним приводом. Якщо гальмування двигуном недостатньо для запобігання аварії, активується гальмівна система. Система курсової стійкості автоматично підвищує тиск в гальмівному контурі і автомобіль зупиняється.

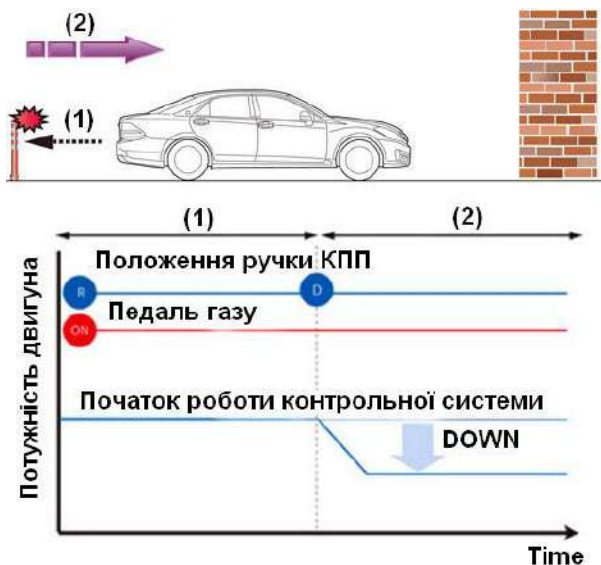


Рисунок 14.22 – Система Drive-Start Control

**Система Drive-Start Control** запобігає прискоренню автомобіля, викликаному перемиканням селектора автоматичної коробки передач з режиму заднього ходу (R) в режим руху (D) при натиснутій педалі газу. У роботі системи використовується кілька датчиків: положення педалі акселератора, положення селектора АКПП, швидкості автомобіля, прискорення автомобіля.

Сигнали від датчиків надходять в електронний блок керування. Якщо система розпізнає ненавмисне прискорення автомобіля (селектор коробки передач переключено з R в D, педаль газу натиснута, швидкість автомобіля збільшується) проводиться зниження потужності двигуна шляхом закриття дросельної заслінки.

## Питання для самоперевірки

1. Які чотири головні функції повинна виконувати підвіска?
2. Які переваги активної підвіски?
3. Назвіть датчики і приводи які входять до складу активної підвіски.
4. Намалюйте принципову схему активної підвіски автомобіля та поясніть принцип її роботи.
5. Які переваги систем повного приводу автомобілів?
6. Намалюйте принципову схему системи постійного повного приводу автомобіля та поясніть принцип його роботи.
7. В чому полягають конструктивні особливості системи повного приводу що підключається автоматично?
8. Принцип роботи системи повного приводу автомобіля що підключається вручну.
9. В чому полягають конструктивні особливості системи повного приводу 4Motion?
10. Розкажіть принцип роботи системи 4Motion.
11. Які основні конструктивні елементи системи повного приводу E-tron quattro?
12. Як працює система повного приводу 4Matic?
13. В чому полягають конструктивні особливості системи повного приводу xDrive?
14. Що собою являє система адаптації до дорожніх умов?
15. Назвіть датчики електронної системи керування автоматичною коробкою передач автомобіля.
16. Що таке роботизована коробка передач?
17. Як відбувається адаптація коробки передач до стилю водіння конкретної людини?
18. Поясніть функцію Tiptronic коробки передач автомобіля.
19. Як здійснюється керування шківками варіатора?
20. Як працює електронне блокування диференціала?
21. Як працює система запобігання неавтоматичного прискорення?

## 15 ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ АВТОМОБІЛІ

Тиск суспільства, спрямований на створення транспортних засобів, що не використовують викопне паливо, постійно збільшується. Дійсно, останні законодавчі акти встановили необхідність виробництва транспортних засобів з нульовою емісією викидів (zero emission vehicle – ZEV). Розвиток концепції електричного автомобіля усе ще перебуває в стані пошуку, але деякі з основних автовиробників уже сьогодні мають у наявності конструкції електричних автомобілів для продажу широкій публіці.

Ще в 1990 р. компанія General Motors оголосила, що її електромобіль (electric vehicle – EV) Impact може прискорюватися до 100 км/год усього за 8 с, має максимальну швидкість 160 км/год (100 миль/год) і пробіг 240 км між заправленнями. Експлуатаційні витрати були вдвічі більше, чим в еквівалентного по характеристиках автомобіля на викопному паливі, але ці витрати поступово знижувалися.

Автомобіль мав шини, що знижують опір абсолютно новій конструкції й гальма, які при включенні діяли як генератори (регенеративне гальмування). Автомобіль забезпечувався енергією від 397-кілограмового набору вдосконалених свинцево-кислотних батарей із гелієвим електролітом (32 штуки по 10 В), і мав два невеликі електричні мотори змінного струму для привода передніх коліс. Час перезарядження становив близько 2 годин, але він міг бути скорочений до години у випадку крайньої необхідності. Це було дуже вражаюче, але на цьому розвиток не зупинився.

Дана тема є лише введенням у технологію, яка однозначно стане коли-небудь провідною в індустрії автомобільного моторобудування.

### 15.1 Поняття про автомобіль із електричним приводом

На рис. 15.1 показана загальна блок-схема електричного автомобіля. Зазначимо, що батареї для живлення двигуна часто мають напругу кілька сотень вольт, тоді як для системи «нормального» освітлення та інших систем все ще потрібне

джерело з більш низьким живленням 12/24 В. Деякі з показаних компонентів є необов'язковими.



Рисунок 15.1 – Загальна блок-схема електричного автомобіля

## 15.2 Батареї електромобіля

При конструюванні електричного автомобіля можливий вибір з безлічі варіантів, але, ризикуючи надмірно спростити суть проблеми, скажемо, що найважливішим вибором є тип батареї. На даний час головна перевага свинцево-кислотних батарей – це досконала технологія їх виготовлення, використовувана в автомобільній промисловості. Недоліком таких батарей є їх порівняно низька номінальна потужність.

Натрій-сірчана батарея є гарним конкурентом, але вона має набагато більшу вартість і вимагає застосування нових технологій, щоб упоратися з іншими експлуатаційними режимами типу високих температур. Істотні розробки ведуться у відношенні батарей на основі літію. Проте на сьогодні більшість батарей у широкій експлуатації – це батареї свинцево-кислотні або на основі нікелю.

## 15.3 Привідні мотори

Існує вибір між декількома варіантами приводного мотора. Основний вибір – між моторами змінного й постійного струму. Електромотор змінного струму надає масу переваг з погляду керування, але вимагає застосування інвертора для перетворення постійного струму батарей.

Електромотор постійного струму номінальною потужністю 50 кВт із шунтуючою обмоткою збудження – це розповсюджений вибір для малих транспортних засобів, але мотори змінного струму, імовірно, незабаром стануть найбільш популярними.

Привідні мотори можуть бути класифіковані як мотори змінного або постійного струму, але важко описати відмінності між мотором змінного струму й безщітковим мотором постійного струму.

**Мотори змінного струму.** Загалом кажучи, усі мотори змінного струму влаштовані по однаковому принципу. Трифазна обмотка розподіляється по контуру статора з ламінованого заліза й утворює обертове магнітне поле, за яким обертається ротор.

**Асинхронний мотор** зазвичай використовується з ротором типу «біляча клітка», складений з безлічі пар полюсів. Трифазний статор мотора може мати обмотку «трикутник» або «зірка» (рис. 15.2).

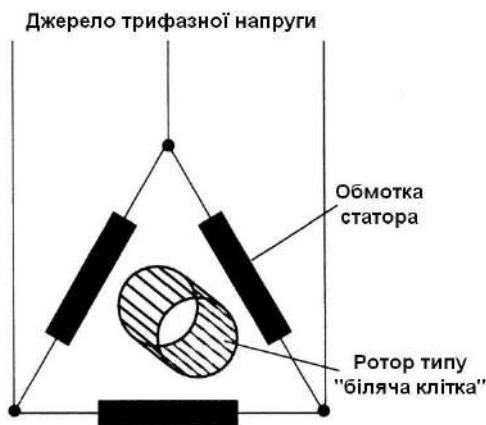


Рисунок 15.2 – Асинхронний мотор з ротором «біляча клітка», складеним з безлічі пар полюсів

Обертове магнітне поле в статорі викликає ЕРС у роторі, який являє собою замкнений ланцюг, у такий спосіб в ланцюгу ротора індукуються електричний струм.

Цей струм створює магнітне поле, яке взаємодіє з первісним полем статора, що призводить до обертання ротора. Ступінь проковзування (відмінність у швидкості ротора й поля) – приблизно 5 %, коли мотор працює в оптимальному режимі.

#### **Синхронний мотор з постійним збудженням.**

Цей мотор має роторну обмотку, називану індуктором, яка

являє собою котушку, що намагнічується джерелом постійного струму через два контактні кільця. Магнітне поле «чіпляється» до магнітного поля що обертається і створює постійний крутний момент.



Рисунок 15.3 – Схема синхронного мотора

Якщо швидкість обертання менше, ніж ротора, виникають коливання крутного моменту, і через мотор може почати текти сильний струм. Цей мотор потребує спеціальних заходів для первісного запуску. Його перевага, однак, полягає в тому, що він працює як ідеальний генератор (на нього дуже схожий звичайний генератор змінного струму автомобіля). Схема синхронного мотора наведена на рис. 15.3.

**Електронно-керовані мотори.** Мотори, керовані за допомогою електроніки (electronically controlled – EC), займають місце між мотором змінного струму й мотором постійного струму (рис. 15.4). Принцип дії такого мотора подібний принципу дії синхронного мотора, описаного вище, крім ротора, який містить постійні магніти й, отже, не має ніяких контактних кілець. Його іноді називають безщітковим мотором.

Ротор керує датчиком, який забезпечує зворотний зв'язок із засобами керування з потужними електронними компонентами. Ця система керування створює обертове поле, частота якого визначає швидкість мотора. Коли мотор використовується як приводний двигун, необхідна коробка передач, щоб гарантувати що підтримується достатня швидкість мотора, обумовлена специфічними особливостями його обертаючого моменту.



Рисунок 15.4 – ЕС-мотор посередині між моторами змінного і постійного струму

Деякі «фахівці» вважають, що якщо мотор живиться напругою прямокутної хвилі, це – мотор постійного струму, а якщо живиться напругою синусоїдальної хвилі – змінного струму. Але це створює «проблему» для опису моторів, що живляться трапецієподібними сигналами!

***Мотор постійного струму – послідовна обмотка.***

Мотор постійного струму – добре перевірений пристрій, який використовувався багато років на електричних транспортних засобах, типу заводських електрокарів і вилочних навантажувачів. Його головний недолік полягає в тому, що через щітки й комутатор повинен протікати сильний струм.

Мотор постійного струму із послідовним збудженням характеризується високим обертаючим моментом при низьких швидкостях. На рис. 15.5 показано, як можна управляти мотором із послідовною обмоткою використовуючи тірістор, і також забезпечити просте регенеративне гальмування.

***Двигун постійного струму – шунтувальна обмотка з паралельним збудженням.*** Щоб змінити швидкість даного мотора, його полями можна керувати або додаючи опір, або використовуючи переривчастий режим живлення. Крутний момент під час запуску може стати проблемою, але проблему можна подолати вибором підходящого контролера.

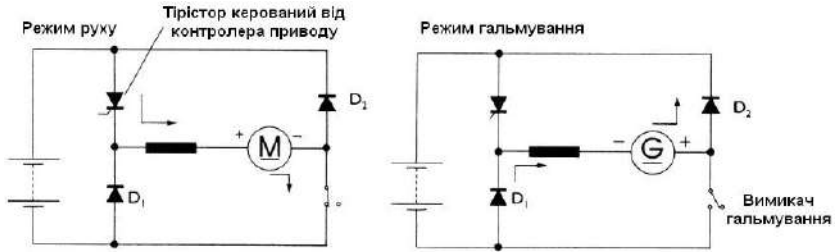


Рисунок 15.5 – Мотором з послідовною обмоткою можна управляти, використовуючи тіристор, цей мотор може також забезпечити просте регенеративне гальмування

Цей мотор також підходить для регенеративного гальмування при збільшенні у відповідний момент сили магнітного поля. Деякі системи привода EV міняють тільки силу поля для нормального руху, і це може бути проблемою внаслідок великого струму при повільних швидкостях руху.

#### 15.4 Майбутнє електромобілів

Концепція електричного автомобіля не нова, тому що істотна частина технології батареї була розвинена ще наприкінці 19-го століття, і чимало таких автомобілів було виготовлено вже до 1900 р. Хоча деякі моделі й досягали досить високих швидкостей, відповідно тому часу, електричний автомобіль був взагалі-то повільним і дорогим в експлуатації.

Дальність його поїздок була також обмежена залежністю від можливості перезарядження батарей. Багато із цих проблем були переборені, але не всі. Вартість все ще залишається проблемою, але «вартість» – це поняття відносне, і якщо поміркувати над наслідками забруднення середовища, то «вартість», можливо, і не здасться настільки високою.

Хоча сьогоднішні досягнення в технологіях батарей і збільшили дальність поїздок електромобілів, максимальна швидкість круїзу обмежена, так само як і безліч приналежностей, які можуть бути встановлені на автомобіль. З іншого боку, електричний автомобіль, як очікують, буде механічно більш надійним і довговічним, ніж його еквівалент, що працює на викопному паливі.

## 15.5 Гібридні транспортні засоби

Концепція транспортного засобу з комбінованим джерелом енергії досить очевидна і також не нова. Двигуни внутрішнього згоряння (internal combustion – IC) створюють небезпечну емісію й мають низьку ефективність при частковому навантаженні. Електромобілі не роблять «ніякої» емісії, але мають обмежену дальність дії.

Рішення полягає в тому, щоб об'єднати кращі властивості обох типів і мінімізувати гірші. У такому об'єднанні – принцип системи гібридного двигуна.

Один з варіантів експлуатації таких транспортних засобів полягає в тому, щоб масово використовувати електропривод в режимі повільного руху в місті й використовувати двигуни внутрішнього згоряння на відкритій дорозі. Це могло б стати самим підходящим способом для того, щоб зменшити забруднення в містах. Досить продумані системи керуванні фактично дозволяють реалізувати ще кращий варіант, а саме, щоб за певних умов і електромотор, і двигун могли застосовуватися одночасно.

### *Типи гібридних приводів.*

На рис. 15.6 показані можливі варіанти гібридного привода. Можна також використовувати різні типи двигуна внутрішнього згоряння, наприклад, бензиновий, дизельний або навіть газотурбінний.

Розташування двигунів може бути як послідовне, так і паралельне. Є підстава вважати, що паралельне розташування буде більш популярне через його більшу гнучкість. Однак послідовна система дозволяє двигуну на вичерпаному паливі працювати на постійній швидкості обертаючи електрогенератор. Це робить використання двигуна внутрішнього згоряння значно ефективним.

Але процес подвійного перетворення енергії (механічної в електричну, потім знову в механічну) менш ефективний, ніж прямий привод трансмісії транспортного засобу. Інша перевага послідовного з'єднання різнотипних двигунів полягає в тому, що трансмісія (коробка передач) не є істотною проблемою в цьому випадку.

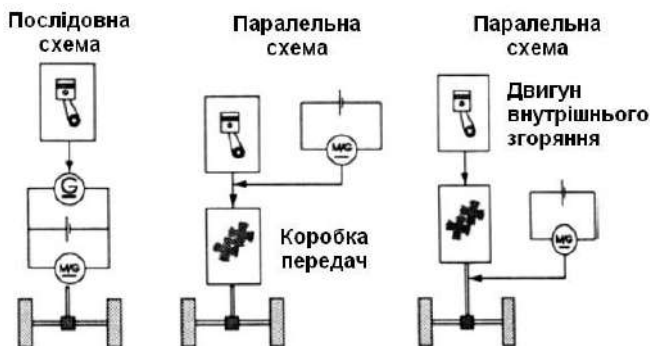


Рисунок 15.6 – Варіанти гібридного привода

Гібрид, або транспортний засіб з комбінованим джерелом енергії» ймовірно, стане більш популярним. Здається, що такий автомобіль є ідеальним і очевидним компромісом, поки здійснюється подальший розвиток технології електропривода й батарей. У майбутньому може стати можливим створення двигуна на викопному паливі, який при роботі на постійній потужності буде мати якщо не нульовий рівень викидів, те досить близький до нуля.

Тоді при об'єднанні такого двигуна з дуже ефективною системою електродвигуна й акумуляторної батареї, може бути створений і прийнятний до загального використання – ZEV (zero emission vehicle), тобто, транспортний засіб з нульовою емісією.

Сьогодні загальноновизнане, що ніякої чудо-батарей не з'явиться, принаймні, у недалекому майбутньому. Щільність енергії викопного палива на порядок перевищує щільність енергії для будь-якого типу батарей. Ця обставина вселяє ще більшу віру в гібридний проект. І цю думку підтримують керівники провідних японських автовиробників.

## 15.6 Розвиток конструкцій електромобілів недалекого минулого

### *General Motors – електромобіль EV-1 (версія 1999 р.).*

Компанія General Motors, можливо, відкрила для автомобільної промисловості еру розробок масових електричних

транспортних засобів з 1960-х рр., і зробила серйозний внесок у розмірі майже п'ятисот мільйонів доларів у програму розробок своїх моделей Impact і Preview.

Як прямий наслідок цих ініціатив, на світло з'явився автомобіль EV-1 (рис 15.7) – перший у світі електромобіль, спеціально сконструйований для промислового виробництва; компанія General Motors стала також першою, яка стала його продавати в США в 1996 р.

EV-1 було елегантне двомісне купе, мало коефіцієнт лобового опору всього 0,19, спеціальну конструкцію шасі з алюмінію (на 40 % легшу, ніж сталеве) і панелі кузова з композитних матеріалів. Швидкість автомобіля регулювалася за допомогою електроніки.

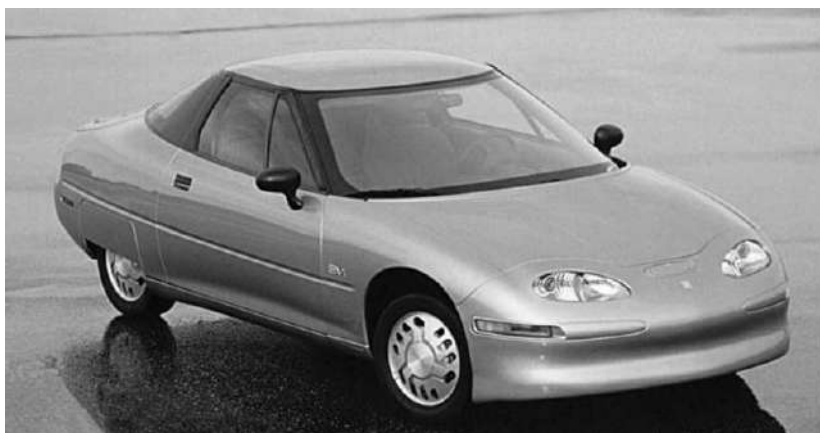


Рисунок 15.7 – Електромобіль General Motors EV-1

При вазі всього 1 350 кг автомобіль розвивав максимальну швидкість до 128 км/год (80 миль/год) – хоча прототип EV-1 тоді фактично втримував світовий рекорд швидкості по землі для електричних транспортних засобів в 293 км/год (183 миль/год). EV-1 міг досягти швидкості 96 км/год (60 миль/год) зі стану спокою менше ніж за 9 с. На той час це було просто вражаюче!

Ключ до успіху EV-1 криється в його електричній силовій установці, яка була побудована на трифазному індукційному моторі змінного струму потужністю 103 кВт (137 к.с), з

інтегральною одношвидкісною передачею з подвійною редукацією на ведучі передні колеса. Мотор не вимагав ніякого звичайного обслуговування при пробігу більше ніж 160 000 км (100 000 миль). Це був ще один досить непоганий показник, і привід для покупки цієї машини.

Пакет батарей використовував 26 свинцево-кислотних необслуговуваних батарей на 12 В, забезпечуючи повну напругу 312 В і дальність поїздки 112 км (70 миль) на цикл зарядки в міських умовах і 144 км (90 миль) на вільній дорозі.

Однак протягом 1998 р. були поетапно введені у виробництво нові нікель-метал-гідридні батареї (NiMH), що дозволило майже подвоїти дальність електромобіля, довівши її до 224 км (140 миль) у місті й 252 км (160 миль) на шосе. Інноваційна регенеративна гальмова система допомагала збільшити цю дальність ще більшою мірою, завдяки перетворенню енергії, одержуваної при гальмуванні, назад в електрику, щоб частково перезарядити пакет батарей.

Повне перезарядження могло бути безпечно виконане при будь-яких погодних умовах і займало 3-4 години при використанні стандартних зарядних пристроїв на 220 В або 15 годин при використанні бортових зарядних пристроїв на 110 В. Низька вартість електрики в побутових умовах означає, що експлуатаційні витрати відносно невеликі у зрівнянні з автомобілями на звичайному викопному паливі.

Регенеративне гальмування досягається при використанні змішаної комбінації передніх гідравлічних дискових гальм і задніх електрично керованих гальмових барабанів і електричного тягового двигуна. Під час гальмування електричний двигун виробляє регенеративну електрику, яка потім використовується, щоб частково перезаряджати пакет батарей.

EV-1 надходив у продаж із системами керування зчепленням, автоматичного регулювання швидкості й антиблокування гальм. Автомобіль був постачений подвійними повітряними подушками, електричними склопідйомниками, АМ/FM приймачем із програвачем CD/касетами (так, були й такі пристрої), системою контролю тиску шин і численним іншими пристосуваннями.

### ***Nissan-Altra.***

Компанія Nissan підтвердила вартість свого електромобіля

Altra після успіху початкових випробувань у США протягом 1998 р. Altra – машина з кузовом «універсал», була створена для американського ринку, а електромобільна версія була першою моделлю з нульовою емісією від компанії Nissan, призначеної до пропачі поза Японією.

Altra мала охолоджуваний водою синхронний електричний мотор з постійними магнітами, в якому вперше був використаний дуже ефективний сплав «неодім-залізо-бор» (Nd-Fe-B). Сплав був знайдений випадково, коли було неправильно зрозуміло замовлення на матеріали!

В автомобілі використовувався електродвигун компанії Hitachi – один із самих потужних у світі, що розвивав потужність 62 кВт (84 к.с.) і крутний момент 159 Нм з максимальною швидкістю обертання ротора 13 000 об/хв. Середня швидкість мотора 8 000-9 000 об/хв, і відношення потужності до ваги 39-кілограмового двигуна 1,6 кВт/кг на той час було одним із кращих для електромобілів.



Рисунок 15.8 – Електромобіль Altra EV

Енергію забезпечував пакет літій-іонних батарей, розроблений компанією Sony Corporation. Пакет видавав номінальну вихідну напругу 345 В від 12 модулів по 8 елементів, причому кожний виробляв живлення 36 В при повній зарядці і 20

В, коли елемент був розряджений. Вага бруutto пакета батарей становила 350 кг і він мав щільність енергії 90 (Вт/ч)/кг у діапазоні нормальних температур.

Термін служби акумулятора становив 1200 циклів (до зниження ККД на 5 %), але компанія Nissan заявила, що батареї без істотних втрат витримують більше 2 000 циклів. Пакет батарей був змонтований в алюмінієвому піддоні з подвійними стінками, пригвинченому до центру платформи між передніми й задніми осями коліс, нижче рівня підлоги; а для його охолодження використовувалася спеціальна система вентиляції.

Це все до того, що в широко розрекламованій Tesla нема нічого інноваційного, ну мабуть крім стилю піару; до речі який всі так вдало копіюють у Стіва Джобса. Бо начебто качина ходьба по сцені з мікрофоном у руці, і потужна праця пикою (кривляння), в момент виголошення таких же безглузких промов, здатні чудодійним чином збільшити продажі цього електромотлоху...

Векторний контролер, був розроблений компанією Nissan, і характеризувався наявністю двох повністю ідентичних центральних процесорів. Контролер охолоджувався водою й мав діапазон вхідної напруги 216-400 В. У контролері збиралися дані щодо ступеня зарядженості батарей, стратегії водіння, історії руху, використання допоміжних систем і роботи системи регенеративного гальмування, щоб робити точні прогнози дальності пробігу. Контролер також управляв системою охолодження батареї, забезпечував комунікацію між джерелом електроживлення й контролером литієво-іонних елементів і визначав стратегію зарядки засновану на зібраних даних.

Батареї заряджалися за допомогою індуктивного зв'язку із зовнішнім індуктивним зарядним пристроєм, який являв собою плоску пластину, що вставлялася в порт зарядки в передній частині автомобіля. Швидка зарядка займала п'ять годин й забезпечувала дальність поїздки 193 км, хоча на зайнятих дорогах реально було проїхати 135 км.

Altra мала гідравлічний підсилювач кермового приводу із електричним, а не механічним гідравлічним насосом, який працював тільки тоді, коли було потрібно збільшити зусилля.

Стандартна свинцево-кислотна батарея 12 В, яка заряджалася

через охолоджуваний водою перетворювач постійного струму від головної батареї, забезпечувала енергією допоміжні системи.

Обігрів, вентиляція й кондиціонування повітря споживали 50 % енергії звичайної системи в режимі кондиціонування й 66 % при обігріві салону. Для обох систем використовувався холодоагент R134a; як і у випадку з гідропідсилювачем керма, електричний насос, що створював підвищений тиск, включався тільки по команді.

Регенеративна гальмівна система працювала у двох режимах:

- перший режим – запуск, коли водій натискає на педаль гальма, система забезпечує «почуття гальмування, схоже на те, що є у звичайному автомобілі»;
- другий режим – набагато більш важливий, він використовується, коли водій застосовує помірне зусилля гальмування. Сама гальмова система має вигляд стандартної ABS із чотирма каналами.

Особливі вимоги до ваги не позначилися на пасивній і активній безпеці автомобіля в порівнянні зі стандартними транспортними засобами: в наявності були стандартні передні повітряні подушки, підсилювачі твердості дверей, передній і задній бампери ударного впливу до 8 км/год (5 миль/год).

Приладова панель – цифрового типу з великим тахометром. Сім ламп попередження давали водієві сигнал тривоги про 50 потенційно небезпечних ситуацій із системами батарей або електродвигуна. Якщо виникали критичні моменти, системи могли автоматично відключатися, щоб уникнути ушкодження.

### **15.7 Nelco – гібридний двигун**

Ідея гібридного двигуна отримала цікавий розвиток у компанії Nelco. Система Nelco використовує електропривод, який потенційно може використовуватися на автомобілях разом із двигуном внутрішнього згорання.

Заявлені характеристики системи еквівалентні звичайному автомобілю із приводом на передні колеса, але з витратою палива в розмірі тільки двох третин від звичайного, й скороченою на дві третини шкідливою емісією. На рис. 15.9 показане паралельне розташування двигуна й мотора, використовуване для цієї системи.

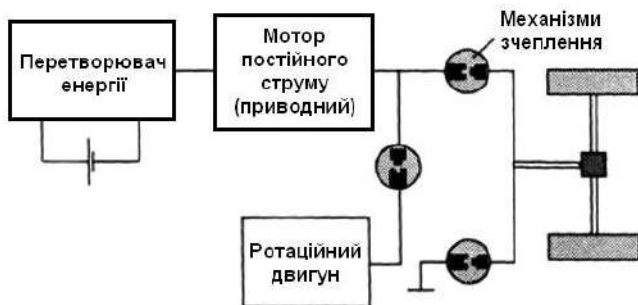


Рисунок 15.9 – Паралельне розташування двигунів використовуване для системи Nelco

Творці сподівалися, що транспортний засіб з таким двигуном біг би мати дальність 800 км (500 миль) і максимальну швидкість 160 км/год (100 миль/год). Основні використовувані компоненти: свинцево-кислотна батарея, що витримує глибоку розрядку, безщітковий електромотор постійного струму з постійними магнітами й роторний двигун Norton.

Спеціальна батарея використовує конструкцію пластин зі свинцево-олов'яної фольги, яка була розвинена для авіаційної промисловості. Конструкція дозволяє реалізувати глибоку циклічність зарядки-розрядки й довгий термін служби, тому що високий внутрішній тиск запобігає втраті активного матеріалу під час потужної розрядки. Тести показали, що 18 батарей номіналом в 30 А/год і 12 В можуть забезпечити потужність 50 кВт протягом 5 хвилин.

Хоукер Сідлі (Hawker Siddeley) розробив плоскі грати елементів, які можуть бути поміщені під пасажирським купе автомобіля. Пакет має розміри 120x120x4 см, важить 170 кг і забезпечує енергію близько 7,5 кВт/год. Батарея може витримати 1100 циклів розряду до 80% глибини розряду (depth of discharge – DOD) і 11 000 циклів 20 % DOD.

Ці параметри і складають тривалість життя самого електромобіля як транспортного засобу. Причина такого довголіття – система термального керування батареєю, яка підтримує свинцево-кислотні елементи при постійній

температурі в межах 30-40°C, що є найефективнішою робочою температурою.

Роторні двигуни Norton набули популярність завдяки виграшам головних призів у світових мотоперегонах. Цей двигун має швидкий прогрів і початковий обертальний момент тільки 8 Нм. Використовуються два електричні каталітичні конвертери з попереднім підігрівом. Система інжекції подає у двигун бідні суміші при високих навантаженнях. Рухова установка забезпечує постійні вихідні характеристики за допомогою електричного мотора, що додає відсутню потужність під час зміни навантаження.

На рис. 15.10 показаний поперечний розріз безщіткового електромотора постійного струму з постійними магнітами. Фактично використовуваний мотор важить 45 кг і охолоджується рідиною; в якості холодоагенту використовується масло, щоб запобігти утворенню льоду. Мотором керують складні по конструкції інвертор і схема регулювання.

Напруга джерела живлення (батареї) 216 В перетворюється в постійну стабілізовану напругу 300 В для живлення мотора. Живлення на мотор подається за допомогою трифазного розподільника потужності із трапецієподібною або квадратною формою хвилі, фази живлення можуть бути змінені, щоб здійснювати гальмування або прискорення.

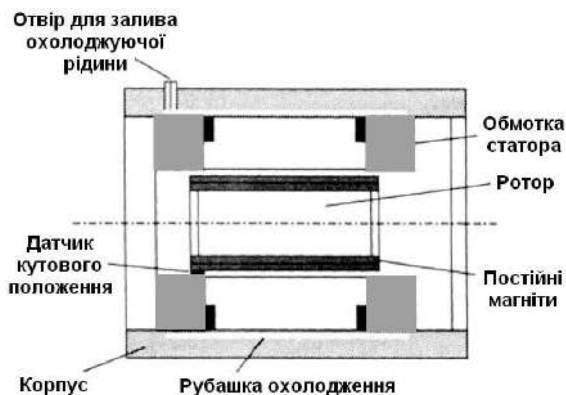


Рисунок 15.10 – Безщітковий мотор постійного струму з постійними магнітами

Положення педалі акселератора задає вхідний сигнал до модуля контролю, а датчик положення ротора на основі ефекту Холла забезпечує сигнал зворотного зв'язку.

Зворотний зв'язок по положенню ротора повинен гарантувати правильний порядок фаз збудження мотора. Увесь блок енергопостачання важить близько 100 кг, у порівнянні з 200 КГ для звичайної системи. Батареї, однак, додають ще 130 кг поверх норми, але дозволяють зробити 48-кілометровий (30-мильний) пробіг, не використовуючи паливний двигун.

### 15.8 Система електромобіля на батареї натрій-сірка

Компонування електромобіля залежить від типу батареї й електродвигуна. На рис. 15.11 представлена система, що використовує батареї натрій-сірка (NaS) і мотор постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження й звичайними щітками.

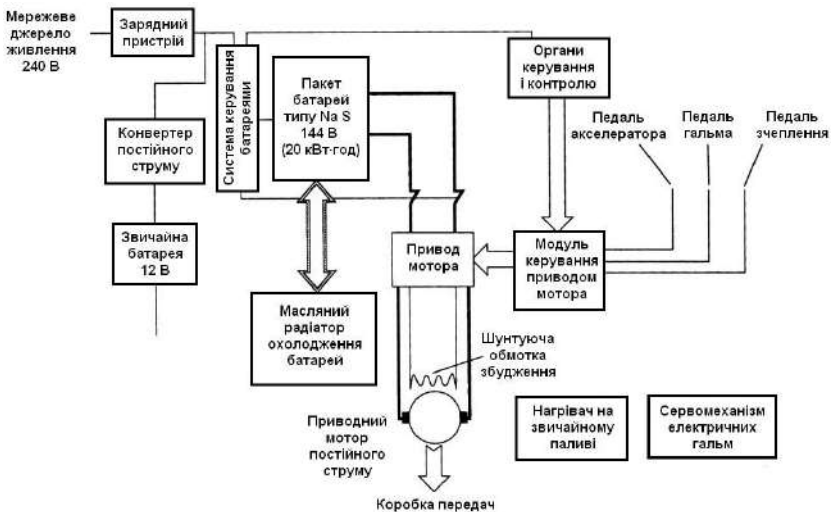


Рисунок 15.11 – Можливе типове компонування для системи, що використовує батареї натрій-сірка і мотор постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження

Зміна струму збудження й/або струму якоря дозволяє

змінювати швидкість і обертаючий момент у моторах цього типу. Можливі характеристики при запуску таких моторів показані на рис. 15.12.

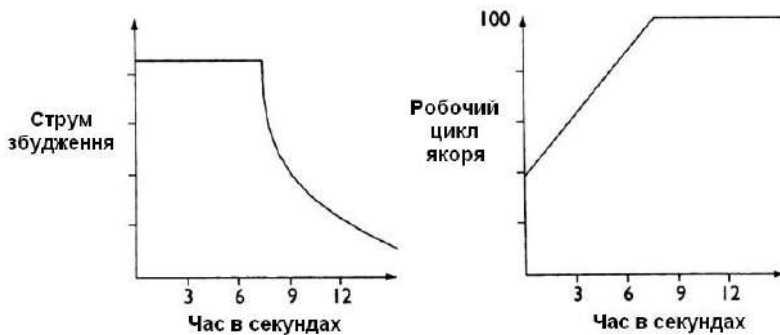


Рисунок 15.12 – Можливі характеристики при запуску моторів постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження

Транспортний засіб починає прискорюватися в нульовий момент часу. На ранніх стадіях прискорення збудження підтримується сталим, а струм якоря обмежується, щоб відповідати межі споживання.

У міру збільшення швидкості обертання струм поля збудження зменшується, відповідно зменшується основне магнітне поле й зворотна ЕРС якоря. Струм якоря може бути збільшений, що дозволить підняти швидкість обертання. Мотори такого типу, ймовірно, будуть охолоджуватися повітрям.

Однак деякі системи використовують рідкий холодоагент. З метою максимальної ефективності всієї системи використовується регульована регенеративна гальмова система, яка дозволяє батареям перезаряджатися під час гальмування.

Батареї звичайно з'єднуються послідовно, щоб збільшити вихідну напругу. Використання більш високих напруг дозволяє спростити конструкцію мотора, головним чином, через менші струми, необхідні для передачі тієї ж самої потужності. Застосовувана система керування батареями гарантує оптимальні значення швидкості заряду і розряду батареї. Може бути вбудовано кілька функцій попередження, щоб сигналізувати про

несправність системи, крім того, можлива видача попередження про запас пробігу транспортного засобу. Ця інформація відображається на приладовій панелі.

У контролері привода використовуються сучасні потужні транзистори, транзисторами керує мікропроцесор, характеристики якого, у свою чергу, визначаються встановленими програмами. Контролер одержує вхідні сигнали від педалей гальма й акселератора, у якості датчиків використовуються прості потенціометри. Сигнали від інших засобів керування є сигналами від основних вимикачів.

Керування іншою частиною електричної системи електромобіля здійснюється за рахунок установки звичайної свинцево-кислотної батареї на 12 В. Вона підзаряджається при необхідності від батарей привода за допомогою конвертера постійного струму.

### **15.9 Газотурбінний гібрид**

Сучасний газотурбінний двигун є вельми привабливим для автомобільної промисловості. Він відповідає екологічним тенденціям до низької емісії й малій витраті палива. Турбіна як двигун має безліч корисних особливостей:

- гарну теплову ефективність;
- чисте згоряння палива;
- високе відношення потужності до ваги;
- здатність працювати на різних видах палива;
- плавні перехідні процеси.

Ці переваги могли б зробити його природним переможцем над двигуном зі зворотно-поступальним рухом поршня. Однак автомобільна газова турбіна перебуває все ще в дитячому стані, незважаючи на багато технічних досягнень, зроблених з часів першого у світі газотурбінного автомобіля компанії Rover Jet 1.

Технічні проблеми, створені автомобільною газовою турбіною, залишаються значними і в багатьох відношеннях стають ще більш величезними. Це обумовлено, головним чином, успіхами технологій горіння, механіки, аеродинаміки, матеріалів і електротехніки.

Для гібридного електричного транспортного засобу газотурбінний двигун – найбільш підходящий. Він надає широкі

можливості для проектування гібридних систем.

Газовий турбінний двигун має багато властивостей, що задовольняють вимогам автомобільної промисловості. Наприклад, він компактний і легкий, що забезпечує гнучкість у компонуванні силової установки. Він зменшує вагу автомобіля, що поліпшує характеристики транспортного засобу і його економічність.

Сучасна конструкція камери згоряння бензинового двигуна забезпечує йому дуже низьку емісію всіх забруднювачів, навіть більш низьку, ніж у дизельного двигуна. Поліпшення емісії може бути досягнуте без використання каталітичного конвертера. Описувані переваги бензинового двигуна стають все більше і більше важливими в умовах сьогоденного ринку.

У порівнянні з еквівалентним поршневим двигуном, газові турбіни працюють плавно і тихо, вони можуть функціонувати на різних типах вуглеводневого палива, і властива їм простота механічної конструкції в результаті обертається підвищеною надійністю й збільшеним терміном служби.

У порівнянні зі звичним поршневим двигуном, турбіна до недавнього часу мала погані показники реакції при зміні потужності й економії палива при частковому навантаженні. Позначався також природній опір змінам з боку виробників автомобілів, через їхні колосальні інвестиції в інфраструктуру виробництва й обслуговування існуючого двигуна. Коли переваги турбіни об'єднуються з досягненнями в гібридних електричних системах, цей хвилюючий союз створить величезний потенціал для майбутньої гібридної техніки.

### **15.10 Індуктивна зарядка**

Nissan Altra, як було описано раніше в цій темі, використовувала індуктивну зарядку. У цьому випадку «штекер», пов'язаний із зовнішнім джерелом енергії, вставлявся в роз'єм автомобіля. Ризик удару струмом і можливість перегріву через «втрату» з'єднання були майже виключені.

Індуктивна зарядка за принципом «наїзд» – це розробка, яка можливо, буде корисна для прогресу в створенні електричного транспортного засобу. Принцип такої зарядки показаний рис. 15.13. Котушка, яка формує вторинну обмотку трансформатора,

поміщена на автомобіль у підходящому положенні. Первинна обмотка трансформатора могла б бути поміщена в рухливу штангу» яка після паркування транспортного засобу автоматично піднімається до рівня вторинної обмотки й забезпечує магнітний зв'язок із вторинною обмоткою.



Рисунок 15.13 – Індуктивна зарядка могла б допомогти розвитку електричних транспортних засобів

### 15.11 Система батарей ZOXY – «chemTEK»

Цинко-повітряна батарея ZOXY, фактично, не є батареєю в традиційному сенсі. Ядро батареї ZOXY «P280» – єдиний, зручний для використання й гнучкий модуль. Габарити батареї становлять 220x135x39 мм, і вона важить тільки 2 кг. Щільність енергії батареї 150 (Вт/ч)/кг – це у п'ять разів більше щільності свинцево-кислотних батарей.

Батарея ZOXY буде тримати, свій заряд протягом дуже довгого періоду, його типова втрата енергії не перевищує 1%. Якщо подача повітря переривається, саморозряд падає трохи нижче 1%. Інша перевага системи ZOXY полягає в тому, що вона працює в широкому температурному діапазоні, від -20°C до +40 °C.

Хоча об'єм виробництва таких батарей на сьогоднішній час невеликий, витрати на виготовлення ZOXY дорівнюють витратам на звичайні свинцево-кислотні батареї в перерахуванні на один енергетичний модуль. А при економії коштів за рахунок росту обсягів виробництва, вартість батареї ZOXY впала б значно нижче вартості її свинцево-кислотного аналога.

У той час як цинко-повітряна батарея ZOXY є «високоенергетичним резервуаром», додатковий «прискорювач» міг би використовуватися для потужного прискорення

автомобіля, щоб гарантувати його оптимальні характеристики. Додаткова батарея забезпечує потужність, необхідну для прискорення транспортного засобу. Більш висока швидкість руху може зажадати від автомобіля можливості досить швидко влитися в транспортний потік. З іншого боку, міський рух – це рух з більш повільним темпом, і вимоги до прискорення в ньому значно зменшуються.

Каскадна система, у якій використовуються дві батареї, є чудовим способом передбачити ці та інші потреби водіння. Електронна система керування могла б керувати обома типами батарей без участі водія транспортного засобу, навіть без попередження його про початок дії. Особливості водіння при використанні такої системи подібні водінню автомобіля, оснащеного системами бензин/газ і дизельним двигуном.

Характеристики P280:

- збільшений час роботи (щільність енергії 150 (Вт/ч)/кг);
- обсяг (33,0x13,5x3,9 см);
- вага (1,25/2,00 кг суха/заповнена);
- стабільна крива розряду, низький рівень саморозряду;
- низька чутливість до температурних змін (від -20 до +40°C);
- нешкідливість до навколишнього середовища;
- напруга «номінал / розряджена» 1,1/0,6 В;
- номінальний струм / піковий струм 0 – 30/40 А;
- ємність при навантаженні 10/20 А – 320/280 А/год;
- запас енергії при навантаженні 10/20 А – 300/ 250 Вт/год.

*Гібрид Ford Escape* (рис. 15.14), був першим гібридом запущеним у серійне виробництво на початку серпня 2004 р., і став одним із самих економічних і практичних автомобілів SUV (Super Ultra Vehicle) на ринку. Гібрид Escape забезпечував витрати палива менше 6 л на 100 км (за амер. стандартом – це пробіг 35-40 миль на галон) при міському русі.

Тоді він одразу задовольняв інструкціям регулювання емісії Євро IV у Європі, навіть раніше ніж вони набули чинності в 2004 р., і пройшов сертифікацію стандартів штату Каліфорнія як автомобіль із супер низькою емісією SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) і як автомобіль із практично нульовою емісією

PZEV (Partial Zero Emission Vehicle).

Гібрид Escape був розроблений так, щоб забезпечити той самий час прискорення й функціональні можливості, що й модель із двигуном V-6 на 200 к.с. Він використовував комбінацію паливо-зберігаючого циклу Аткінсона, бензиновий двигун із чотирма циліндрами й електричний мотор.



Рисунок 15.14 – Гібрид Ford Escape

В результаті була досягнута в середньому вдвічі більша економія палива, ніж у бензинової моделі V-6 Escape. Використовуючи регенеративне гальмування, гібрид повертає істотну частину того, що в іншому випадку було б просто «загубленою енергією». Гібрид Escape – це повний гібрид, здатний рухатися на приводі від двигуна внутрішнього згоряння і/або від електричного мотора – в залежності від того, що дає найбільш ефективну економію палива.

До речі, двигун Аткінсона є фактично двигуном із циклом Отто, але з відмінним методом приєднання поршня до

колінчатого вала. Особливий устрій важелів колінвалу дозволяє двигуну Аткінсона циклічно проходити всі чотири такти поршня тільки за один оберт колінчастого вала. Це дозволяє зробити ходи поршня різної довжини: такти впуску й випуску мають хід більш довгий, ніж такти стиску й роботи.

Гібридні електричні транспортні засоби використовують комбінацію електричних акумуляторних батарей і двигуна внутрішнього згоряння, щоб підвищити ефективність роботи.

Батареї дають електрику, щоб пускати в хід електричний тяговий мотор, а двигун включається в роботу в міру необхідності, щоб перезаряджати батареї або забезпечувати додаткову потужність для прискорення. Гібрид Escape має електричну трансмісію й паливозберігаючий чотирициліндровий двигун.

При наявності регенеративного гальмування й здатності двигуна до практично миттєвої зупинки в режимі старт-стоп (завдяки потужному комбінованому стартер-генератору), гібрид Escape з переднім приводом коліс, забезпечував пробіг 14,7-16,8 км на літр палива (35-40 миль на галон) в міському циклі руху. Мотор-генератор зупиняє двигун внутрішнього згоряння, коли транспортний засіб котиться (із заблокованим двигуном) або зупиняється, це забезпечує економію палива, яке зазвичай витрачається на підтримку холостого ходу.

Як тільки потрібна додаткова потужність, наприклад, коли водій натискає на педаль акселератора під час зупинки, мотор-генератор, поміщений між двигуном і передачею, миттєво запускає двигун (менше ніж за 0,2 с). Модель гібриду Ford Escape 2004 р., була здатна проїхати більше 800 км (500 миль) на одному баку палива.

Модель Ford Focus PZEV 2003 р., являв собою автомобіль із практично нульовою емісією (рис. 15.15), і без погіршення якості роботи відповідав жорсткому стандарту штату Каліфорнія на частково нульову емісію. Він приводився в дію чотирьохциліндровим двигуном з об'ємом 2,3 л і мав потужність на валу 148 к.с. (110 кВт) і крутний момент 206 Нм (рис. 15.16).

Модель Focus FCV була першим в автомобільній промисловості «гібридним автомобілем із паливним елементом». Модель мала збільшений пробіг і демонструвала якісну роботу

гібридної силової установки, яка використовувала повний набір переваг від застосування паливного елемента (рис. 15.16).



Рисунок 15.15 – Гібрид Ford Focus

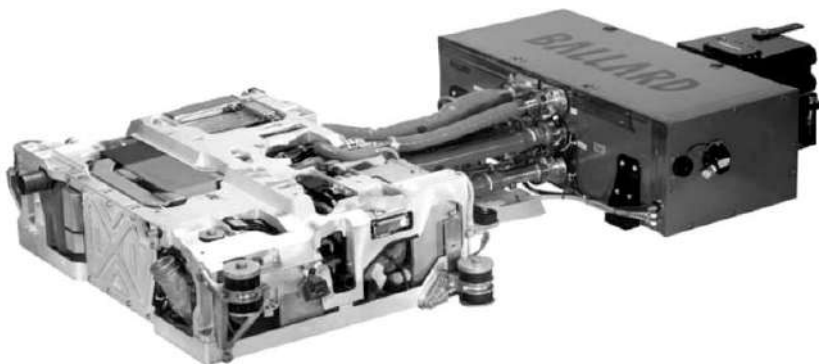


Рисунок 15.16 – Силова установка гібрида Ford Focus

П'ять з 15 автомобілів, вироблених у 2002 р., довгий час перебували у стадії спільних досліджень із ключовими клієнтами. Ці дослідження забезпечили компанії Ford зворотний зв'язок у реальному часі про параметри моделей, призначених для постановки на виробництво.

Інші 10 автомобілів проходили стандартні випробування за власними програмами компанії Ford, які включали перевірку емісії і краш-тести. Focus FCV показав 250-320 км (160-200 миль) робочого пробігу на одному заправленні – істотне збільшення щодо попередніх моделей транспортних засобів з паливними елементами.

Показники цієї моделі були порівняні зі звичайними бензиновими моделями, у яких максимальна швидкість досягала тільки 80 миль/год (130 км/год).

### **15.12 Двигуни в колесах – електромобілі GM**

Інженери компанії GM, ще на початку 2000-х розробили потенційно видатну технологію, названу ними «моторами на осях коліс».

Розвиток цієї технології міг би принципово допомогти споживачам прийняти передові технології транспортних засобів. Два мотори на осях коліс, позаду передньоприводного транспортного засобу із чотирьохциліндровим бензиновим двигуном, можуть збільшити крутний момент при старті до 60 %. Крім того, додатковий крутний момент з'являється негайно. Це означає, що чотирициліндровий двигун міг би бути виконаний з характеристиками двигуна із шістьма циліндрами. Мотори на осях коліс розвивають потужність приблизно до 25 кВт і важать 15 кг кожний.

Традиційні транспортні засоби передають енергію від двигуна до коліс за допомогою механізму зчеплення, коробки передач і карданних валів. Більше 10 % потужності, виробленої двигуном, губиться в цьому процесі передачі крутного моменту.

Система GM використовує гібридний електричний транспортний засіб, щоб згенерувати електроенергію, яка направляється безпосередньо до моторів. Це мінімізує обсяг загубленої енергії. Мотори на осях коліс створюють крутний момент, який доступний миттєво й повністю, тоді як звичайним двигунам потрібен час, щоб розігнатися.

Мотори на осях коліс, крім цього, дозволяють створити більш високий рівень тяги і контролю проковзуванні коліс, поліпшити рулювання й показники роботи транспортного засобу. Здатність керувати кожним колесом окремо зі значно кращою

реакцією, чим це можуть зробити існуючі системи керування тягою, приносить додаткові вигоди. Наприклад, автомобіль що потрапив у багнуку, буде легко зрушити з місця лише застосувавши тягове зусилля до шини, яка має краще зчеплення з дорогою!

### **15.13 Інфраструктура водню**

Чому саме водень? Тому що вважається що одним з видів палива майбутнього буде саме водень, оскільки він робить нульову емісію, особливо коли використовується в паливних елементах. Тоді відразу виникає закономірне питання – а чим водневі авто кращі за електромобілі? Але питання в такій постановці не зовсім коректне. Справа в тому, що і автомобіль на водні, з паливною коміркою, і «чистий» електрокар – це електромобілі. Просто в одному випадку машину заправляють воднем, у другому – електрикою.

Трохи історії. Винайшов двигун внутрішнього згорання, що працює на водні, Франсуа Ісак де Ріваз (1752-1828) ще в 1806 році. Водень він отримував за допомогою електролізу води. Поршневий двигун, який створив винахідник, називають машиною де Ріваза (De Rivaz engine). Запалювання було іскровим, двигун мав шатунно-поршкову систему роботи. Ну а циліндр приводився в рух детонацією суміші водню і кисню, електричною іскрою – її доводилося генерувати вручну в момент опускання поршня. Через два роки цей же винахідник побудував вже саморушній пристрій з водневим двигуном.

У СРСР, під час війни, в блокадному Ленінграді бензин був у дефіциті, але водень був у великій кількості (для заправлення аеростатів). Тому військовий технік Борис Шелищ запропонував використовувати повітряно-водневу суміш для роботи двигунів внутрішнього згорання приводу лебідок загороджувальних аеростатів. Під час блокади, в місті на водні працювало близько 600 автомобілів ГАЗ.

Починаючи з 1980-х відразу в декількох країнах, включаючи США, Японію, Німеччину, СРСР і Канаду, стартувало експериментальне виробництво по створенню автомобілів, що працюють на водні, бензино-водневих сумішах і сумішах водню з природним газом. Протягом багатьох років такі автомобілі

розробляли в різних країнах здебільшого в якості експерименту.

Після того, як концепція «зеленого» автомобіля стала популярною (ще задовго до Грети Тунберг), автомобілями на водні зацікавилися великі корпорації на зразок Toyota.

Починаючи з 2000-х, автомобільні компанії стали розробляти концепти комерційних авто. Станом на листопад 2019 року, водневі машини розробляють Honda, Toyota, Mercedes-Benz і Hyundai – у цих компаній вже є готові для серійного виробництва транспортні засоби.



Рисунок 15.17 – Водневий Mercedes-Benz GLC F-CELL

Інші показують поки що лише концепти (втім, робочі), або взагалі просто красиві відрендерені 3D-картинки. До числа перших можна віднести Audi і Ford, до числа другого – BMW (справедливості заради треба сказати, що в 2007 році BMW випустила партію зі 100 експериментальних «водневих» моделей, які так і залишилися експериментом) і Lexus.

У серію запущені поки лише Toyota Mirai і Honda Clarity. Їх можна придбати в США і Європі. На даний момент водневі автомобілі трохи дорожче звичайних у плані експлуатації.

Так, при поїзді в Європі протяжністю 480 км витрати на паливо для власника звичайної машини складуть приблизно \$ 45, а от власник Mirai заплатить близько \$ 57. І це при тому, що уряд деяких країн субсидує виробництво водню для машин. Вартість 1 кг водню становить в середньому \$ 11,45 (ціни на листопад 2019 р.).

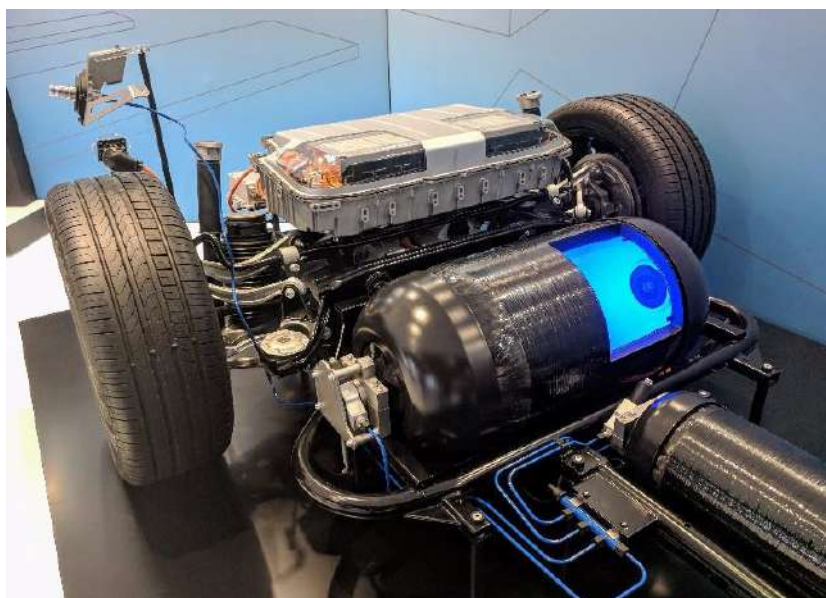


Рисунок 15.18 – Устрій водневого Mercedes-Benz GLC F-CELL



Рисунок 15.19 – Експериментальний  
BMW Hydrogen 7

А оскільки наші можновладці неодноразово наголошували що «Україна – це Європа!», то нас перш за все цікавлять розробки провідної автобудівної країни світу – Німеччини. А в ній останнім часом швидко зростає інтерес до водню ( $H_2$ ).

Але чи є цей екологічний енергоносіє перспективним паливом для автомобілів? Думки з цього приводу розійшлися, причому на подив різко. З одного боку – міністр транспорту ФРН Андреас Шойер (Andreas Scheuer), на конференції «Водень і енергетичний поворот» в Берліні 5 листопада 2019 року, несподівано для багатьох заявив: «У 2021-2022 роках по дорогах країни повинні їздити 60 тисяч водневих автомобілів.

Автомобільна промисловість повинна вивести на ринок доступні автомобілі і показати людям, що ця техніка надійно працює». Станом на 1 січня 2019 року в Німеччині було зареєстровано менше 400 водневих автомобілів.

З іншого боку – глава концерну Volkswagen, Герберт Діс (Herbert Diess), рівно за добу до майже ультимативної вимоги міністра, виступив на церемонії початку серійного виробництва першого «народного електромобіля» VW ID.3. У своїй промові він зупинився і на водневій технології: «Її час настане не в майбутньому, а лише в наступному десятилітті (в 2030-х роках), проте її стануть застосовувати переважною мірою інші види транспорту – вантажні автомобілі, поїзди, суда».



Рисунок 15.20 – На Франкфуртському автосалоні 2019 поруч з BMW і Hydrogen Next демонструвався паливний елемент

Іншими словами, найбільші автобудівники Німеччини (і світу) навіть не думають виконувати вимогу міністра – Volkswagen цілком зробив ставку на електромобілі. Повністю електричних легкових машин в ФРН було на 1 січня 2019 року в цілому понад 83 тис. До них можна додати більше 340 тисяч гібридів, з яких 67 тисяч були плагін-гібридами (ті що заряджають від розетки).

Увечері того ж 4 листопада в Берліні пройшла зустріч канцлера Ангели Меркель (Angela Merkel) з керівниками німецького автопрому, на якій обговорювався розвиток електромобільності в Німеччині. Прийняте одне з рішень чітко вказує: в найближчі два роки встановити по всій країні 50 тисяч нових загальнодоступних зарядних станцій.

Зараз їх близько 21 тисячі, і вважається, що це вкрай мало для широкого впровадження автомобілів на електричній тязі. Уряд ФРН ставить завдання до 2030 року довести число станцій до 1 мільйона.

А на наступний день після участі в цій зустрічі Андреас Шойер («вчора воднева тема була, звичайно, не пріоритетною») на конференції щодо водню, не без гордості повідомив, що

«навесні 2020 року в нас в Німеччині буде вже 100 водневих заправних станцій, а до 2021 року до них повинні додатися ще 15».

Відповідну заяву про наміри міністр підписав зі спільним підприємством H<sub>2</sub>Mobility, в яке поряд з такими енергетичними компаніями, як Shell і Total, входить і німецький автобудівник Daimler. Він з минулого року малими партіями випускає Mercedes GLC F-Cell, який в семи німецьких містах вже можна взяти в лізинг.



Рисунок 15.21 – Два електромобіля, дві системи

А у вересні на Франкфуртському автосалоні 2019 була представлена модель BMW і Hydrogen Next, виробництво якої, знову-таки малими партіями, баварський автоконцерн почне в 2022 році.

Всі ці цифри показують, який в даний момент на німецькому ринку розклад сил між двома екологічними альтернативами автотранспорту з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) – між електромобілями, які працюють від акумуляторних батарей (BEV), і водневими автомобілями (FCEV), в яких енергія для електромотора виробляється в ході реакції H<sub>2</sub> з киснем в паливних елементах.



Рисунок 15.22 – Оновлений дизайн японського водневого Toyota Mirai



Рисунок 15.23 – Випуск водневого автомобіля Mirai на одній з японських фабрик компанії Toyota

У такій ситуації автомобільна промисловість Німеччини однозначно зробила вибір на користь електромобілів, підкреслив президент Об'єднання німецької автомобільної промисловості (VDA) Бернхард Маттес (Bernhard Mattes), на конференції

Handelsblatt Auto-Gipfel 2019 що відбулася в кінці жовтня в Штутгарті. «На інших континентах», додав він, «можуть зробити ставку і на інші технології (він мав на увазі «водневі» плани Японії і Південної Кореї), але Європі, на його думку, створення розгалуженої інфраструктури одночасно для декількох видів альтернативних двигунів фінансово просто не потягнути.

На цій галузевій конференції автобудівники та їх постачальники обговорювали перспективи німецького і світового автопрому, і мова, дійсно, йшла головним чином про гібриди і електромобілі. Однак дві доповіді були присвячені водневим автомобілям. Вельми показово, що з ними виступили представники двох азіатських фірм.

Вице-президент з наукових досліджень і розробок європейського відділення Toyota Геральд Кільман (Gerald Killmann) повідомив, що ця японська компанія в десять разів збільшить випуск водневого автомобіля Toyota Mirai. Привів він і абсолютні цифри: до сих пір щорічно випускалися 3 тисячі одиниць, обсяги виробництва нового покоління цієї моделі вирішено збільшити до 30 тисяч в рік (для порівняння: в 2018 році компанія продала по всьому світу в цілому понад 10,5 мільйонів автомобілів). При цьому менеджер нагадав історію успіху першого в світі серійного гібридного автомобіля Toyota Prius.

Перше покоління, яке стартувало в 1997 році, було збитковим, друге, за його словами, пішло вже краще, «третє забезпечило хороший прибуток, сьогодні понад половину продаваних нами в Європі автомобілів – це гібриди. Щось подібне може статися і з водневою технологією», переконаний Геральд Кільман.

Основними потенційними покупцями моделі Toyota Mirai він вважає таксомоторні компанії, сервіси перевезення VIP-пасажирів, парки службових машин фірм і відомств. І справа тут не тільки у високій ціні (в Німеччині цей водневий автомобіль коштує близько 80 тисяч євро).

Компанія Toyota виходить з того, розповів Геральд Кільман, що середньому покупцеві більше підходять електромобілі: у нього машина вночі і значну частину дня зазвичай простоє, так що є час її зарядити. «У водневої технології перспективи швидше

в професійній сфері, там, де автомобіль повинен працювати цілодобово або перевозити вантажі», – зазначив доповідач і вказав на вирішальні переваги машин на паливних елементах: заправка триває 3-5 хвилин, а дальність пробігу становить понад 500 кілометрів.

Таким чином, два лідери світової автомобільної промисловості, Volkswagen і Toyota, практично сходяться в тому, що водень отримає широке поширення на вантажному автотранспорті. Розходяться вони лише в оцінці термінів.

І це явно пов'язано з тим, що в Японії вже діє узгоджений між урядом, автобудівниками і інфраструктурними компаніями план до 2030 року довести число водневих автомобілів на дорогах країни до 800 тисяч. А в Німеччині є урядовий план до того ж часу довести число електромобілів до 7-10,5 мільйонів.



Рисунок 15.24 – Південнокорейський водневий автомобіль Hyundai Nexo на Франкфуртському автосалоні 2019

Тим часом в Південній Кореї стартував пілотний проект з переведення на водень відразу трьох міст. Мова не тільки про автомобільний транспорт, а й про електроенергетику та теплопостачання, і Hyundai буде поставляти туди свої паливні елементи, розповів в Штутгарті представник німецького

відділення цієї південнокорейської компанії Олівер Гут (Oliver Gutt). Одночасно вона нарощує випуск водневого позашляховика Hyundai Nexo (ціна в Німеччині: близько 70 тисяч євро), який почався в 2018 році, так і H<sub>2</sub>-вантажівок.

Зараз Hyundai, продовжив Олівер Гут, приступає до виконання замовлення, отриманого зі Швейцарії: протягом п'яти років туди будуть поставлені 1600 працюючих на паливних елементах вантажівок, в яких з екологічних (і, відповідно, іміджевих) міркувань зацікавлені, зокрема, великі мережі супермаркетів. Правда, альпійській республіці належить ще побудувати відповідні заправні станції.



Рисунок 15.25 – Прототип безпілотного водневого вантажного автомобіля південнокорейської компанії Hyundai

Олівер Гут порекомендував стежити за розвитком мережі водневих заправок в Європі на німецькому сайті h2.live. Там відразу ж впадає в очі: Німеччина зі своїми 100 станціями є безперечним європейським лідером. Або, інакше кажучи: в інших країнах континенту інфраструктура для водню розвинена ще менше.

Принципово важливим є також питання, звідки береться водень. Виробляти його з вуглеводнів, наприклад, з природного

газу, з економічної точки зору видається не дуже виправданим, адже в такому випадку автомобілі можна було б безпосередньо заправляти компримованим (CNG) або зрідженим природним газом (LNG).

З точки зору екології і захисту клімату сенс має тільки «зелений» водень, отриманий із звичайної води методом електролізу з використанням надлишкової електроенергії вітряних і сонячних електростанцій. Але широке промислове впровадження експериментально вже апробованої технології Power to Gas тільки починається. Правда, уряд ФРН твердо має намір форсувати цей процес.

Виступаючи разом з Андреасом Шойер на конференції в Берліні, міністр економіки і енергетики ФРН Петер Альтмайер (Peter Altmaier) заявив: «Ми хочемо, щоб Німеччина стала в області водневих технологій номером 1 в світі». Наскільки реалістичним є цей лозунг в автомобільній сфері, покаже час. Але найперші в світі водневі поїзди почали перевозити пасажирів саме в ФРН.

#### **15.14 Електромобілі Tesla**

Нікола Тесла – легендарний творець в області електро- і радіотехніки, творець змінного струму. У його честь, в 2003 році, була відкрита компанія з виробництва автомобілів, які їздять на електриці.

Засновником автомобільної компанії Tesla стали Ілон Маск, Джей Бі Штробель і Марк Тарпеннінг. Перш за все, засновникам компанії необхідно було розробити потужний електродвигун і батареї, щоб привести в роботу ведучі колеса. Для створення першого прототипу автомобіля знадобилося майже 3 роки.

Перший електрокар Tesla Roadster був презентований 19 липня 2006 року. Презентація автомобіля пройшла успішно, але спортивний електричний автомобіль мав ряд недоліків.

Потім 2009 року, в Німеччині, на Франкфуртському автосалоні, вперше був показаний прототип 5-дверної Model S, і тільки в 2012 році з конвеєра компанії зійшов перший автомобіль цієї моделі; проте ті ж самі електродвигуни, але з невеликими дробками і сьогодні встановлюються на моделі Tesla.



Рисунок 15.26 – Tesla Model S

На даний момент Tesla Model S є «обличчям компанії» і вирізняється не лише своєю ціною та «інноваційними рішеннями» в електроустаткуванні, а й будовою кузова та підходом до використання різноманітних матеріалів.

Весь кузов електромобіля зроблений з алюмінію. Цікаво, що кузовні деталі сполучені між собою не точковою зваркою, а іншими типами з'єднання – клеєм, заклепками та кріпленнями.

Безпека такого кузова після краш-тестів Euro NCAP (The European New Car Assessment Programme – європейський комітет з проведення незалежних краш-тестів авто з оцінкою активної безпеки і пасивної безпеки) оцінена у найвищий бал – 5 зірок.

Це значне досягнення, оскільки з 2010 року EuroNCAP досить серйозно переглянула критерії оцінки безпеки автомобілів. Підхід до тестування автомобілів став набагато жорсткішим. Оскільки до старих правил EuroNCAP виробники вже давно звикли і розробляли структуру кузова спеціально під них. Посилена жорсткість правил призвела до того, що в 2010 році, 5 зірок отримали тільки 65 % випробуваних автомобілів, а не 90 % як раніше.

У Tesla вищий рейтинг безпеки досягається за рахунок конструкції кузовної частини електрокара. Відсутність мотора і навісних агрегатів під капотом і в задній частині авто, дозволяє

кузову утворити міцну «капсулу», яка доповнює міцність всього кузова за рахунок батареї, розташованої уздовж всього днища автомобіля.

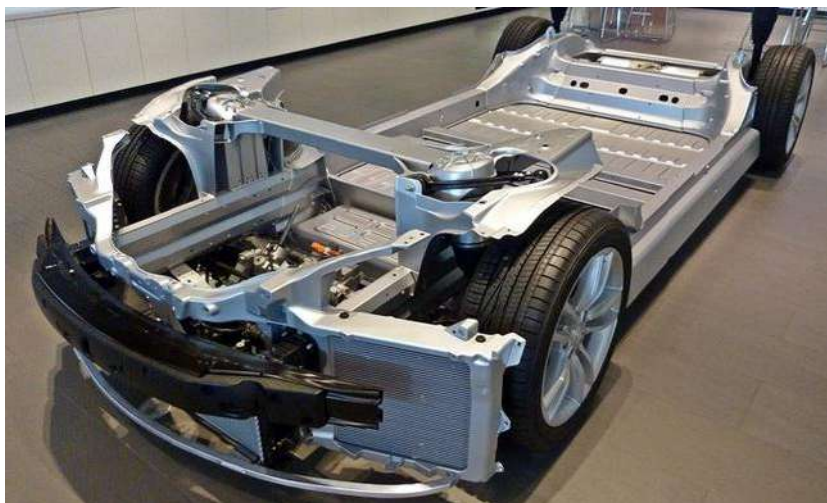


Рисунок 15.27 – Елементи безпеки головної частини кузова Tesla

Спосіб сполучення елементів кузова між собою залежить від частини машини й навантаження на деталі, та її контакту із вологою. У районі скріплення багатьох деталей спочатку наносять клей, потім ці два елементи стискають спеціальним пресом, а на додаток ще й заклепують. Таке з'єднання не лише міцне, а ще й не накопичує вологи.

З внутрішнього боку кузов добре обклеєний шумоізоляцією. Пластик салону переважно м'який, хоча після значного пробігу починає скрипіти. Бічні вікна дверей встановлені без звичної для європейських моделей рамки. Тут вона не потрібна, жорсткості кузова вистачає й без неї. Як тільки двері машини зачиняються, бічне скло доводиться автоматично вгору, це щоб забезпечити максимальну герметичність. Електродвигун є власною розробкою компанії Tesla Motors і не має аналогів. Цей трифазний, чотириполюсний, асинхронний двигун змінного струму, за словами самих розробників є «найпотужнішим електромотором в

світі», і в різних варіантах має такі показники потужності (кВт) / крутного моменту (Нм): 225/430, 270/440 і 310/600.



Рисунок 15.28 – Електродвигун Tesla

Максимальна швидкість авто становить 250 км/год, а розігнати автомобіль до 100 км/год можна всього за 2,7 с (у разі топової комплектації) – це означає що затримка між натисканням на педаль газу і подачею потужності майже нульова, оскільки непотрібен час на подачу палива і перетворення його в обертання коліс. Інженери стверджують, що ефективність перетворення енергії в рух такою силовою установкою в 3 рази вища, ніж у стандартного двигуна внутрішнього згоряння.

Електродвигун працює по простому індукційному принципу, який використовується в масі побутових приладів. На котушки в статорі подається змінний струм, а завдяки електромагнітній індукції в рух приводиться ротор. Електромотор охолоджується за допомогою рідкої системи охолодження.

Літій-іонна батарея складається з 16 блоків, а це від 5040 до 7104 елементів живлення відповідно. Батарея розташовується уздовж всього днища автомобіля. Таке розташування акумулятора, в поєднанні з легким кузовом з алюмінію, не тільки дозволяє максимально знизити центр ваги автомобіля (на рівні в 45 см, що дуже низько), а й додатково підвищує торсіонну жорсткість кузова, а отже і безпеку.



Рисунок 15.29 – Устрій батареї Tesla з елементами живлення Panasonic



Рисунок 15.30 – Акумулятор автомобіля Tesla Model S

А як відомо, чим нижче центр ваги, тим краще керованість і поведінка на поворотах. В результаті розподіл навантаження між передньою і задньою осями складає 47 до 53.

Ємність акумулятора дає середній запас ходу від 330 до 632 км, тобто такий запас ходу дозволяє Tesla входити в «Топ-10» електрокарів світу за запасом ходу. Час його повної зарядки становить 8 годин.

Виробник наводить «порівняльні» дані часу зарядки батареї:

- від побутової мережі змінного струму 110 В за 1 годину заповнюється 8 км шляху;
- від побутової мережі змінного струму 220В за 1 годину заповнюється 50 км шляху;
- повна зарядка на станції Tesla Supercharger займає всього 30 хвилин (безкоштовно).

Втім, в 2013 році Tesla продемонструвала можливість повної заміни батарей на заряджені всього за 90 секунд! Приблизно такий же час необхідний для заправки бензином. Коштувати така процедура на станціях Tesla буде приблизно \$ 60-80, що порівняно з повним баком палива. У той же час зарядка батареї від мережі на фірмових станціях для всіх власників Tesla безкоштовна.

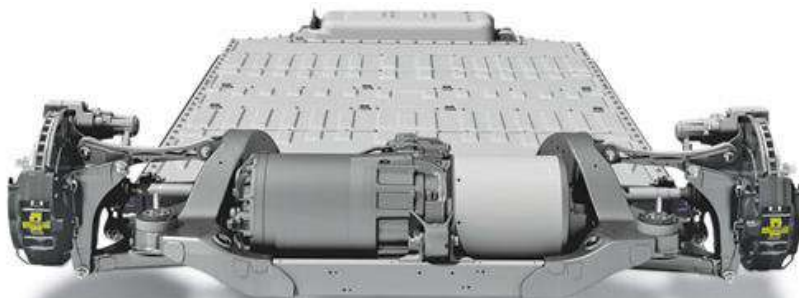


Рисунок 15.31 – Двигун, батарея та елементи привода Tesla Model S

Варто також відзначити, що акумулятор Tesla Model S має вкрай високу щільність заряду (подібні акумулятори

використовують в ноутбуках). Високий ресурс батареї досягається за рахунок сучасної системи рідкого охолодження системи, яка також охолоджує і сам мотор.

Вага батареї складає 450 кг, а її ресурс становить 7 років або 160 тис. км пробігу. До слова, виробництвом батарей займається компанія Panasonic.

Повноприводна Tesla має два незалежних електродвигуна. На відміну від традиційних повнопривідних систем, ці два мотори управляють крутним моментом на передніх і задніх колесах незалежно, що значно поліпшує керуваність і контроль тяги.

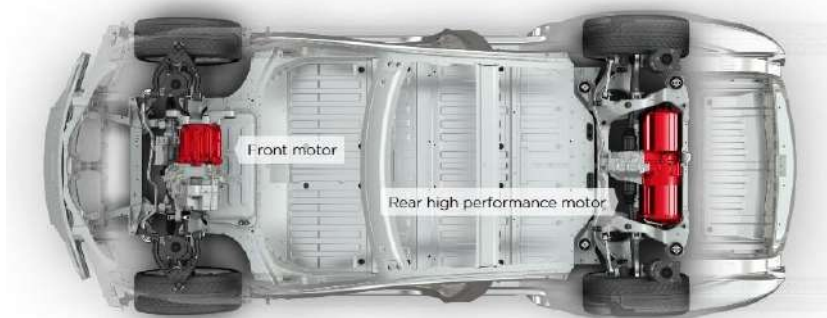


Рисунок 15.32 – Розміщення електромоторів приводу

Отже машина може рухатися на будь-якому моторі, тому не потрібно турбуватися про застрягання на дорозі. Якщо один з двигунів перестає працювати, можна безпечно повернутися до місця призначення на другому.

Tesla Model S має надійну трансмісію від компанії Mercedes-Benz, яка призводить автомобіль в рух за допомогою одноступінчатого редуктора (одна швидкість). Передавальне число редуктора 9.73.

Ходова частина Tesla Model S має пневматичну підвіску, яка здатна змінювати просвіт авто, досить задати бажаний кліренс і машина підніметься або опуститься за бажанням водія. Причому саме за рахунок заниженого центру ваги, автомобіль впевнено себе почуває навіть з пристойним кліренсом «а ля Тігуан».



Рисунок 15.33 – Підвіска і ходова частина Tesla Model S

Рульове управління рейкове і само собою має електропідсилювач. Бортовий комп'ютер дозволяє задавати жорсткість керма. Є кілька рівнів, починаючи від спортивного жорсткого і закінчуючи комфортним «мерседесівськи» м'яким.

Гальмівна система Tesla Model S гідна окремої уваги. Основна гальмівна система складається з металевих вентильованих гальмівних дисків і електронної системи стоянкового гальма. Але основна «фішка» цього електрокара – рекуперативна система гальмування.

З її допомогою автомобіль здатний гальмувати двигуном і перетворювати одержувану енергію в електрику, заряджаючи тим самим акумулятор автомобіля. Це вкрай корисна і зручна функція. Щоб активувати рекуперативну систему гальмування, водієві необхідно просто плавно відпустити педаль газу і електрокар сам почне пригальмовувати перетворюючи енергію гальмування в корисну енергію. Тобто система рекуперації дозволяє майже не користуватися педаллю гальма в міських умовах.

### **Питання для самоперевірки**

1. Що стало причиною розробки гібридних приводів автомобілів?
2. Дайте визначення, що означає ZEV.
3. Опишіть коротко термін «гібрид».
4. Поясніть, що таке індуктивна зарядка і в чому її переваги.

5. Опишіть за допомогою ескізів різні способи, якими можна скомпонувати гібридний транспортний засіб.
6. Поясніть термін «щільність потужності».
7. Перелічіть п'ять типів батарей електромобіля.
8. Чому електромобіль GM EV-1 використовує свинцево-кислотні або лужні батареї. Обґрунтуйте три причини цього.
9. Опишіть за допомогою ескізу дію синхронного електромотора.
10. Дайте обґрунтування чотирьом типам приводного мотора для електромобіля.
11. Опишіть, як Nissan Altra обчислює поточний пробіг автомобіля.
12. Які є проблемні області технологій проектування і виробництва тягових електродвигунів для електромобілів?
13. Намалюйте загальну блок-схему електричного автомобіля та поясніть принцип її роботи.
14. Які недоліки натрій-сірчаної батареї?
15. Які переваги й недоліки використання мотору постійного струму на електричних транспортних засобах?
16. Як працює регенеративна гальмівна система?
17. Які переваги газової турбіни в якості двигуна автомобіля?
18. Які є технічні проблеми створення гібрида з газовою турбіною?
19. Як працює індуктивна зарядка за принципом «наїзд»?
20. Які переваги використання водню в якості палива?
21. Назвіть складові частини водневої силової установки автомобіля.
22. Які є методи одержання водню?
23. Які перспективи транспортних засобів із водневими силовими установками?

## ЛІТЕРАТУРА

1. Мигаль В. Д. Автомобильные двигатели внутреннего сгорания. Параметры и системы управления : учеб. пособ. Харьков : Майдан, 2016. 320 с.
2. Бажинов О. В., Двадненко В. Я., Хакім М. Конверсія легкового автомобіля в гібридний. Харків : ХНАДУ, 2014. 160 с.
3. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
4. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
5. Tom Denton. Electric and hybrid vehicles. New York, NY : Routledge, 2016. 207 p.
6. William B. Ribbens. Understanding automotive electronics : an engineering perspective. Cambridge, MA : Butterworth-Heinemann, 2017. 712 p.
7. Bosch automotive electrics and automotive electronics. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 530 p.
8. Бажинов О. В., Смирнов О. П., Серіков С. А. Гібридні автомобілі. Харків : ХНАДУ, 2008. 327 с.
9. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : підручник. К. : Каравела, 2008. 400 с.
10. Мазепа С. С., Куцик А. С. Електрообладнання автомобіля : навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. 168 с.
11. Автомобильный справочник Bosch. М. : За рулем, 2012. 1280 с.
12. Поливаев О. И., Костиков О. М., Ведринский О. С. Электронные системы управления автотракторных двигателей. Спб. : Лань, 2016. 200 с.
13. Головин С. И., Жосан А. А., Рыжов Ю. Н. Электронные системы управления работой дизельных двигателей : учебное пособие. Орел : ОрелГАУ, 2014. 189 с.
14. Поливаев О. И., Костиков О. М., Ведринский О. С. Электронные системы управления бензиновых двигателей : учебное пособие. М. : КНОРУС, 2011. 96 с.
15. Кусяк В. А., Руктешель О. С. Проектирование

- автоматизированных мехатронных систем управления силовым агрегатом грузовых автомобилей и автопоездов. Минск : БИТУ, 2015. 295 с.
16. Сергеев Н. Н., Сергеев А. Н., Хонелидзе Д. М. Электрооборудование и электронные системы автомобиля. Тула : ТулГУ, 2015. 156с.
  17. Коваленко О. Л. Электронные системы автомобилей. Архангельск : ИПЦ САФУ, 2013. 80 с.
  18. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 1. Электронные системы зажигания. М. : АНТЕЛКОМ, 2003. 240 с.
  19. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 2. Электронные системы зажигания. Катушки зажигания, датчики, октан-корректоры, контроллеры. М. : АНТЕЛКОМ, 2004. 224 с.
  20. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 3. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУ ЭПХХ) автомобилей. М. : АНТЕЛКОМ, 2003. 160 с.
  21. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 4. Системы световой сигнализации поворотов и аварийной сигнализации. Реле поворотов. М. : АНТЕЛКОМ, 2003. 192 с.
  22. Ходасевич А. Г., Ходасевич Т. И. Справочник по устройству, применению и ремонту электронных приборов автомобилей. Часть 5. Электронные системы зажигания. Контроллеры систем управления смесеобразованием, зажиганием, двигателем. М. : ДМК Пресс, 2006. 208 с.
  23. Карташевич А. Н., Белоусов В. А. Тракторы и автомобили. Тормозные системы автомобилей. Пневматические тормозные приводы. Горки : БГСХА, 2014. 52 с.
  24. Котельников А. П. Мехатронные системы тормозного управления автомобилей. Екатеринбург : УрГУПС, 2011. 80 с.
  25. Черепанов Л. А. Автоматические системы автомобиля.

- Тольятти : ТГУ, 2006. 132 с.
26. Кашкаров А. П. Автомобильные кондиционеры. М. : ДМК-Пресс, 2012. 112 с.
  27. Демидов Н. Н., Красильников А. А., Элизов А. Д. Конструирование и расчет автомобилей и тракторов. Электромобили : учеб. пособие. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 96 с.
  28. Jürgen Garcke, Eckhard Karden, Patrick T. Moseley. Lead-acid batteries for future automobiles. Amsterdam : Elsevier, 2017. 669 p.
  29. Andreas Luescher. Urban shrinkage, industrial renewal and automotive plants. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 129 p.
  30. Ashish Bharadwaj. Environmental regulations and innovation in advanced automobile technologies. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2018. 119 p.
  31. Chandan Deep Singh, Jaimal Singh Khamba. Manufacturing competency and strategic success in the automobile industry. New York, NY : CRC Press, 2019. 239 p.
  32. Junxiu Wang. Development of a society on wheels. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 316 p.
  33. Markus Mueck. Networking vehicles to everything evolving automotive solutions. Berlin : CPI books GmbH, 2018. 234 p.
  34. Uwe Winkelhake. The digital transformation of the automotive industry catalysts, roadmap, practice. Wiesbaden : Springer, 2018. 317 p.
  35. Vivek D. Bhise. Automotive product development. A systems engineering implementation. Boca Raton, FL : CRC Press, 2017. 571 p.
  36. Yi Wu. Achieving supply chain agility : information system integration. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 242 p.
  37. Norton Robert. Automotive Milestones. The technological development of the automobile : who, what, when, where, and how it all works. South Norwalk, Connecticut : Industrial Press, Inc., 2016. 322 p.
  38. Martin Thaddeus. Classic car electrics: tips, techniques & step-by-step repair, restoration & maintenance procedures. London : Veloce publishing, 2015. 299 p.

39. Konrad Reif. Brakes, brake control and driver assistance systems. Wiesbaden : Springer Vieweg, 2014. 284 p.
40. Daniele Fabrizio Bignami, Alberto Colorni Vitale, Alessandro Lué Roberto Nocerino. Electric vehicle sharing services for smarter cities. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2017. 280 p.
41. Emanuele Crisostomi, Robert Shorten, Sonja Stüdl. Electric and plug-in hybrid vehicle networks : optimization and control. Boca Raton, FL : CRC Press, 2018. 261 p.
42. Gianfranco Pistoia, Boryann Liaw. Behaviour of lithium-ion batteries in electric vehicles : battery health, performance, safety, and cost. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2018. 343 p.
43. John G. Hayes, Abas Goodarzi. Electric powertrain : energy systems, power electronics and drives for hybrid, electric and fuel cell vehicles. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2018. 557 p.
44. Harrop Peter, Das Raghu. Car traction batteries - the new gold rush 2010-2020. Cambridge, UK : IDTechEx, 2020. 271 p.
45. Lance Noel, Gerardo Zarazua de Rubens, Johannes Kester. Vehicle-to-Grid : a sociotechnical transition beyond electric mobility. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 271 p.
46. Larry E. Erickson, Jessica Robinson, Gary Brase. Solar powered charging infrastructure for electric vehicles. Boca Raton, FL : CRC Press, 2017. 183 p.
47. Mehdi Rahmani-Andebili. Planning and operation of plug-in electric vehicles : technical, geographical, and social aspects. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2019. 251 p.
48. Nam Kwang Hee. AC motor control and electrical vehicle applications. Boca Raton, FL : CRC Press, 2019. 575 p.
49. Ottorino Veneri. Technologies and applications for smart charging of electric and plug-in hybrid vehicles. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2017. 323 p.
50. Patricia Egede. Environmental assessment of lightweight electric vehicles. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2017. 141 p.
51. Philipp Bergmeir. Enhanced machine learning and data mining methods for analyzing large hybrid electric vehicle fleets based on load spectrum data. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2018. 192 p.
52. Xiong Rui, Welxiang Shen. Advanced battery management

- technologies for electric vehicles. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2019. 390 p.
53. Teresa Donato. Hybrid electric vehicles. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2017. 154 p.
54. Wei Liu. Hybrid electric vehicle system modeling and control. West Sussex, UK : John Wiley & Sons Ltd., 2017. 582 p.
55. Zhongjing Ma. Decentralized charging coordination of large-scale plug-in electric vehicles in power systems. Cham, Switzerland : Springer Nature, 2020. 252 p.

### **Інформаційні ресурси**

56. Автоэлектрика. URL: <https://www.12v-club.ru/articles/6/index.html> (дата звернення: 26.01.2021).
57. Зажигание. URL: <http://dimasen.narod.ru/zazhig/index.html> (дата звернення: 26.01.2021).
58. Системы зажигания автомобилей — общее устройство и типы. URL: <http://www.ardio.ru/ignsys.php> (дата звернення: 26.01.2021).
59. Плазменное зажигание. URL: <http://icarbio.ru/articles/plazmennoe-zazhiganie.html> (дата звернення: 26.01.2021).
60. Автомобильный ЧИП. Что это такое? URL: <https://smartkey.com.ua/blog/avtomobilnyj-chip> (дата звернення: 26.01.2021).
61. Эффективные средства защиты автомобиля от угона - иммобилайзер и сигнализация. URL: <https://labavto.com/elektronika/safe/immobilajzer-i-signalizatsiya/> (дата звернення: 26.01.2021).
62. Иммобилайзеры: штатный и дополнительный. Сравнение современных моделей. URL: <https://www.ugona.net/article/immobilajzery-shtatnyi-i-dopolnitelnyi-sravnenie-sovremennykh-modelei-33.html> (дата звернення: 26.01.2021).
63. Для чего тормозам система ABS. URL: <https://www.drive.ru/technic/4efb331400f11713001e38cb.html> (дата звернення: 26.01.2021).
64. Глобальные технические правила ООН № 8 - Электронные системы контроля устойчивости. URL: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/>

- wp29wgs/wp29gen/wp29registry/ECE-TRANS-180a8r.pdf (дата звернення: 26.01.2021).
65. Круиз-контроль. URL: <http://www.zr.ru/archive/zr/1990/01/sovremiennaia-avtomobil-naia-tiekhnika> (дата звернення: 26.01.2021).
  66. Спутниковая навигация в автомобиле. URL: <http://www.nkj.ru/archive/articles/7341/> (дата звернення: 26.01.2021).
  67. История развития электромобиля. URL: <https://efut.ru/a/65-istorija-razvitija-jelektromobilja.html> (дата звернення: 26.01.2021).
  68. How car electrical systems work. URL: <https://www.howacarworks.com/basics/how-car-electrical-systems-work> (дата звернення: 26.01.2021).
  69. How Brake Assist Works. URL: <http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/brake-assist.htm> (дата звернення: 26.01.2021).





*Навчальне видання*

**АРТЮХ Олександр Миколайович**  
**ДУДАРЕНКО Ольга Василівна**  
**КУЗЬМІН Віктор Володимрович**  
**СОСИК Андрій Юрійович**  
**ЩЕРБИНА Андрій Васильович**

**ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ  
ТРАНСПОРТНИМИ ЗАСОБАМИ**

*Навчальний посібник*

Технічні редактори: Білостоцька А. О., Желізний О. І.,  
Пругло А. М., Решетняк О. В.  
Комп'ютерний набір: Білостоцька А. О., Желізний О. І.,  
Пругло А. М., Решетняк О. В.  
Комп'ютерна верстка: Білостоцька А. О., Желізний О. І.,  
Пругло А. М., Решетняк О. В.

Підписано до друку 30.12.2021. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 32,32.  
Тираж 100 прим. Зам. № 1025.

Національний університет «Запорізька політехніка»  
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64  
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.