

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з дисципліни

«Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів»

для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби»

2025

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» для студентів спеціальності G 11.05 «Транспортні засоби» / Укл. : О. М. Артюх. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2025. 42 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук

Рецензенти: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук;
С.М. Турпак, професор, д-р.техн.наук

Відповідальний за випуск: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри «Автомобілі,
теплові двигуни та гібридні
енергетичні установки»
Протокол № 1
від « 29 » серпня 2025.

Рекомендовано для видання
НМК Транспортного факультету

Протокол № 1
від « 11 » вересня 2025.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Практична робота 1. Архітектура мехатронних систем АТЗ	7
1.1 Загальні відомості	7
1.2 Завдання до практичної роботи	7
1.3 Порядок проведення практичної роботи	9
1.4 Зміст звіту.....	10
Контрольні запитання.....	10
Практична робота 2. Типи та застосування датчиків у мехатронних системах	11
2.1 Загальні відомості	11
2.2 Завдання до практичної роботи	11
2.3 Порядок проведення практичної роботи	13
2.4 Зміст звіту.....	14
Контрольні запитання.....	14
Практична робота 3. Виконавчі механізми та їх керування	15
3.1 Загальні відомості	15
3.2 Завдання до практичної роботи	15
3.3 Порядок проведення практичної роботи	17
3.4 Зміст звіту.....	18
Контрольні запитання.....	18
Практична робота 4. Протоколи передачі даних у бортових мережах.....	19
4.1 Загальні відомості	19
4.2 Завдання до практичної роботи	19
4.3 Порядок проведення практичної роботи	21
4.4 Зміст звіту.....	21
Контрольні запитання.....	21
Практична робота 5. Аналіз систем ADAS	23
5.1 Загальні відомості	23
5.2 Завдання до практичної роботи	23
5.3 Порядок проведення практичної роботи	25
5.4 Зміст звіту.....	25
Контрольні запитання.....	25
Практична робота 6. Основи функціонування автономних транспортних засобів	27
6.1 Загальні відомості	27

6.2 Завдання до практичної роботи	27
6.3 Порядок проведення практичної роботи	29
6.4 Зміст звіту	29
Контрольні запитання	30
Практична робота 7. Гібридні та електричні силові установки	31
7.1 Загальні відомості	31
7.2 Завдання до практичної роботи	31
7.3 Порядок проведення практичної роботи	33
7.4 Зміст звіту	33
Контрольні запитання	33
Практична робота 8. Діагностика мехатронних систем	35
8.1 Загальні відомості	35
8.2 Завдання до практичної роботи	35
8.3 Порядок проведення практичної роботи	37
8.4 Зміст звіту	37
Контрольні запитання	38
Рекомендована література	39
Базова	39
Допоміжна	39
Інформаційні ресурси	41

ВСТУП

Сучасний розвиток автомобільної техніки нерозривно пов'язаний із впровадженням мехатронних систем – комплексів, що інтегрують механічні, електронні, інформаційні та програмні компоненти для створення інтелектуальних транспортних засобів.

Мехатроніка в автомобільній галузі стала базою для переходу від традиційних механічних конструкцій до високотехнологічних систем керування, які забезпечують підвищену безпеку, комфорт, енергоефективність і екологічність експлуатації транспортних засобів. Саме тому вивчення дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» є надзвичайно актуальним і необхідним для підготовки сучасних інженерів–механіків та фахівців з автомобільної електроніки.

Метою практичних робіт із цієї дисципліни є формування в студентів глибокого розуміння принципів побудови, функціонування та діагностики мехатронних систем, а також набуття навичок застосування інженерних методів моделювання та аналізу. Практична складова курсу спрямована на засвоєння знань про основні компоненти мехатронних систем – датчики, виконавчі механізми, контролери, системи зв'язку та силову електроніку. Студенти навчаються аналізувати структуру систем керування, моделювати процеси взаємодії між механічними й електронними елементами, а також оцінювати надійність та ефективність функціонування таких систем.

Під час практичних занять особлива увага приділяється роботі з типовими мехатронними елементами, що застосовуються в автомобілях нового покоління: електромеханічними приводами, інтелектуальними сенсорами, мікроконтролерами та системами реального часу. Розглядаються сучасні засоби комунікації, такі як шини CAN, LIN і FlexRay, що забезпечують обмін даними між електронними блоками керування.

Студенти вчать працювати з принципами побудови систем автоматичного регулювання, алгоритмами стабілізації руху, адаптивного круїз–контролю, систем утримання смуги та екстреного гальмування, що складають основу технологій ADAS і автономного водіння.

Важливе місце в курсі займають питання енергоефективності та електрифікації транспорту. У межах практичних робіт вивчаються мехатронні аспекти гібридних і електричних силових установок, техно-

логії рекуперативного гальмування, системи керування акумуляторними батареями та силовою електронікою. Це дозволяє студентам зрозуміти, як відбувається перетворення енергії та оптимізація її використання в сучасних автомобілях.

Крім технічної підготовки, практичні роботи спрямовані на розвиток аналітичного мислення, уміння працювати з технічною документацією та діагностичними інструментами. Студенти набувають навичок використання програмного забезпечення для моделювання мехатронних систем (MATLAB/Simulink), створюють віртуальні моделі та проводять симуляційні експерименти. Такі вміння є основою для майбутньої роботи в галузі проектування, експлуатації та обслуговування складних автомобільних систем.

Отже, практичні роботи з дисципліни «Мехатронні системи автомобільних транспортних засобів» мають комплексний характер і забезпечують формування в студентів компетентностей, необхідних для розробки інноваційних рішень у галузі автомобілебудування.

Вони поєднують теоретичні знання з практичними навичками, сприяючи розвитку фахівців, здатних ефективно працювати в умовах цифровізації, автоматизації та екологічних викликів сучасного транспорту. Саме через практичне засвоєння матеріалу студенти усвідомлюють роль мехатроніки як основи майбутнього автомобіля – розумної, безпечної та екологічно чистої транспортної системи.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1.

АРХІТЕКТУРА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ АТЗ

Мета: поглибити теоретичні знання про загальну архітектуру та принципи побудови мехатронних систем автотранспортних засобів, навчитися аналізувати їхні функціональні блоки, а також створювати та обґрунтовувати структурні схеми систем.

1.1 Загальні відомості

Мехатроніка є однією з найважливіших і найбільш динамічних галузей сучасної інженерії, що інтегрує в собі елементи механіки, електроніки, комп'ютерних технологій та систем керування. У контексті автотранспортних засобів, ця інтеграція перетворила автомобіль з простої механічної машини на складну інтелектуальну платформу.

Архітектура мехатронної системи – це не просто набір окремих компонентів, а складна, ієрархічно організована структура, де кожен елемент виконує свою унікальну функцію та тісно взаємодіє з іншими.

Зазвичай така архітектура включає три основні рівні: рівень збору даних (сенсори та датчики), рівень обробки інформації (мікроконтролери та електронні блоки керування, або ЕБК) та рівень виконання команд (виконавчі механізми). Ця взаємозалежність дозволяє системі швидко та ефективно реагувати на зміни як у внутрішньому стані автомобіля, так і в навколишньому середовищі, забезпечуючи високий рівень безпеки, комфорту та енергоефективності.

Розуміння цієї складної архітектури є фундаментом для подальшого аналізу, діагностики, проектування та вдосконалення сучасних автомобільних систем. Саме ієрархічний і модульний підхід дозволяє створювати надійні та відмовостійкі системи, що є критично важливим для автомобільної індустрії.

1.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та розробити структурну схему обраної системи, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу та інформацію, знайдену у відкритих джерелах в Інтернеті.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та розробити структурну схему антиблокувальної системи гальм (ABS – Anti-lock Braking System) для автомобіля Hyundai Elantra.

Варіант №2. Проаналізувати та розробити структурну схему системи динамічної стабілізації (ESP – Electronic Stability Program) для автомобіля BMW 3 серії (G20).

Варіант №3. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування двигуном (ECU – Engine Control Unit) для автомобіля Volkswagen Golf 8.

Варіант №4. Проаналізувати та розробити структурну схему системи адаптивного круїз-контролю (ACC – Adaptive Cruise Control) для автомобіля Toyota RAV4.

Варіант №5. Проаналізувати та розробити структурну схему системи допомоги при паркуванні (Park Assist) для автомобіля Skoda Kodiaq.

Варіант №6. Проаналізувати та розробити структурну схему системи утримання в смузі руху (LKA – Lane Keeping Assist) для автомобіля Tesla Model 3.

Варіант №7. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування тиском у шинах (TPMS – Tire Pressure Monitoring System) для автомобіля Mazda 3.

Варіант №8. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування підвіскою (Adaptive Suspension) для автомобіля Audi A6.

Варіант №9. Проаналізувати та розробити структурну схему системи рекуперативного гальмування (Regenerative Braking) для гібридного автомобіля Honda Civic Hybrid.

Варіант №10. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування світлом (LED Matrix) для автомобіля Mercedes-Benz E-Class.

Варіант №11. Проаналізувати та розробити структурну схему системи безключового доступу (**Keyless Go**) для автомобіля **Kia Sportage**.

Варіант №12. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування паливною системою (**Fuel Injection Control**) для автомобіля **Ford Focus**.

Варіант №13. Проаналізувати та розробити структурну схему електричної системи рульового управління (**EPS – Electric Power Steering**) для автомобіля **Nissan Qashqai**.

Варіант №14. Проаналізувати та розробити структурну схему системи моніторингу сліпих зон (**BSM – Blind Spot Monitoring**) для автомобіля **Subaru Forester**.

Варіант №15. Проаналізувати та розробити структурну схему системи керування кліматом (**Climate Control System**) для автомобіля **Lexus RX**.

1.3 Порядок проведення практичної роботи

Дане практичне заняття вимагає від вас не простого переліку компонентів, а глибокого аналізу їхньої взаємодії. Вам необхідно навчитися бачити систему як єдиний організм. Почніть з загального принципу роботи обраної системи. З'ясуйте, яку основну функцію вона виконує та які фізичні параметри вона контролює або вимірює.

Наприклад, для системи ABS, це швидкість обертання коліс, а для системи Park Assist – відстань до перешкод. Після цього визначте, які датчики відповідають за збір цих даних, як вони передають інформацію до центрального блоку керування, і, що не менш важливо, які виконавчі механізми отримують команди від цього блоку, щоб здійснити потрібну дію.

Зверніть особливу увагу на зв'язки між різними компонентами та можливі взаємодії з іншими системами автомобіля. Наприклад, система ESP використовує дані від датчиків, що також задіяні в системі ABS, що свідчить про інтегровану архітектуру. Використовуючи ці знання, створіть детальну структурну схему, яка чітко показуватиме всі функціональні блоки, їхні зв'язки та напрямки передачі даних.

1.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Які основні функціональні рівні можна виділити в архітектурі мехатронної системи АТЗ та яка їхня роль?
2. Наведіть приклади «розумних» (smart) та «тупих» (dumb) датчиків і поясніть їхню різницю.
3. Яку роль відіграє зворотний зв'язок у замкненій системі керування та як він впливає на її точність?
4. Чим апаратне забезпечення відрізняється від програмного в архітектурі системи керування і як вони взаємодіють?
5. Як ієрархічна та модульна структура впливають на надійність та відмовостійкість системи?
6. Що таке CAN-шина і чому вона є основою для зв'язку між різними ЕБК в автомобілі?
7. Поясніть, як несправність одного датчика, наприклад, датчика кута повороту керма, може вплинути на роботу системи ESP.
8. Які переваги уніфікації інтерфейсів між різними компонентами для виробників та для споживачів?
9. Як електричні, механічні та програмні складові взаємодіють для підвищення кінцевої ефективності мехатронної системи?
10. Які основні виклики та тенденції ви бачите у розвитку архітектури мехатронних систем в найближчі роки?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ТИПИ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ДАТЧИКІВ У МЕХАТРОННИХ СИСТЕМАХ

Мета: Вивчити класифікацію, принцип дії та технічні характеристики датчиків, які є основними компонентами мехатронних систем, а також набути навичок аналізу та порівняння їхніх параметрів для обґрунтованого вибору при проектуванні.

2.1 Загальні відомості

Датчик – це ключовий компонент будь-якої мехатронної системи, який перетворює фізичну величину (температуру, тиск, швидкість, положення, кут повороту тощо) на електричний сигнал, що може бути оброблений електронним блоком керування (ЕБК).

Датчики є «органами чуття» автомобіля, що дозволяють системі «сприймати» навколишній світ та власний стан. Їх можна класифікувати за різними ознаками, наприклад, за принципом дії (резистивні, індуктивні, ємнісні), за типом живлення (пасивні та активні), або за ступенем «інтелектуальності».

Пасивні датчики не потребують зовнішнього джерела живлення (наприклад, термопара), тоді як **активні датчики** (наприклад, датчик Холла) потребують.

Особливе місце займають «розумні» датчики (**smart sensors**), які не лише вимірюють величину, а й виконують її попередню обробку та цифрову передачу даних, що значно підвищує надійність та швидкість роботи системи. Вибір правильного датчика є критично важливим для забезпечення точності, швидкості та надійності роботи всієї мехатронної системи.

2.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та порівняти обрані датчики, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та порівняти принципи роботи та застосування **датчика кисню** (Oxygen Sensor) та **датчика масової витрати повітря** (Mass Air Flow Sensor) в системі керування двигуном автомобіля **Skoda Octavia**.

Варіант №2. Проаналізувати та порівняти **датчик тиску у паливній магістралі** (Fuel Rail Pressure Sensor) та **датчик тиску масла** (Oil Pressure Sensor) у двигуні автомобіля **Volkswagen Passat**.

Варіант №3. Проаналізувати та порівняти принципи роботи **датчика швидкості обертання колеса** (Wheel Speed Sensor) та **датчика кута повороту керма** (Steering Angle Sensor) для системи **ESP** автомобіля **BMW 5** серії.

Варіант №4. Проаналізувати та порівняти **датчик кута повороту дросельної заслінки** (Throttle Position Sensor) та **датчик положення колінчастого вала** (Crankshaft Position Sensor) для системи керування двигуном автомобіля **Ford Mondeo**.

Варіант №5. Проаналізувати та порівняти **радарний датчик** (Radar Sensor) та **лідарний датчик** (LiDAR Sensor) як ключові компоненти системи **адаптивного круїз-контролю (ACC)** для автомобіля **Mercedes-Benz S-Class**.

Варіант №6. Проаналізувати та порівняти **датчик детонації** (Knock Sensor) та **датчик температури охолоджувальної рідини** (Coolant Temperature Sensor) для системи керування двигуном автомобіля **Toyota Camry**.

Варіант №7. Проаналізувати та порівняти **датчик паркування** (Parking Sensor) та **камеру заднього виду** (Rear View Camera) як елементи системи **допомоги при паркуванні** для автомобіля **Kia Ceed**.

Варіант №8. Проаналізувати та порівняти **датчик положення педалі акселератора** (Accelerator Pedal Position Sensor) та **датчик положення педалі гальма** (Brake Pedal Position Sensor) в системі керування автомобіля **Renault Megane**.

Варіант №9. Проаналізувати та порівняти **датчик швидкості обертання двигуна** (Engine Speed Sensor) та **датчик тиску наддуву** (Boost Pressure Sensor) для двигуна з турбонадувом автомобіля **Audi**

Q5.

Варіант №10. Проаналізувати та порівняти датчик освітленості (Light Sensor) та датчик дощу (Rain Sensor) для системи автоматичного керування світлом та склоочисниками автомобіля **Mazda 6**.

Варіант №11. Проаналізувати та порівняти датчик тиску в шинах (Tire Pressure Sensor) і датчик прискорення (Acceleration Sensor) для системи **TPMS** автомобіля **Nissan Qashqai**.

Варіант №12. Проаналізувати та порівняти датчик положення педалі зчеплення (Clutch Pedal Position Sensor) та датчик положення передачі (Gear Position Sensor) для системи керування коробкою передач автомобіля **Hyundai Solaris**.

Варіант №13. Проаналізувати та порівняти датчик рівня палива (Fuel Level Sensor) та датчик рівня охолоджувальної рідини (Coolant Level Sensor) в автомобілі **Subaru Forester**.

Варіант №14. Проаналізувати та порівняти датчик кута повороту рульового колеса (Steering Wheel Angle Sensor) та датчик кута повороту передніх коліс (Front Wheel Angle Sensor) для системи **ESP** автомобіля **Mercedes-Benz C-Class**.

Варіант №15. Проаналізувати та порівняти датчик температури повітря, що всмоктується (Intake Air Temperature Sensor) та датчик атмосферного тиску (Barometric Pressure Sensor) для системи керування двигуном автомобіля **Renault Logan**.

2.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті ви будете вчитися проводити аналіз та порівняння різних типів датчиків. Для цього вам необхідно знайти у відкритих джерелах технічну документацію та характеристики реальних компонентів. Зверніть увагу на ключові параметри, такі як діапазон вимірювань, точність, роздільна здатність, час відгуку, робоча температура та інтерфейс зв'язку. Наприклад, для датчика швидкості колеса важливою характеристикою є його роздільна здатність, яка впливає на точність роботи системи **ABS**.

Уважно вивчайте принципові схеми підключення та особливості

калібрування датчиків, оскільки це впливає на їх інтеграцію в систему.

2.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Які основні функціональні рівні можна виділити в архітектурі мехатронної системи АТЗ та яка їхня роль?
2. Наведіть приклади «розумних» (smart) та «тупих» (dumb) датчиків і поясніть їхню різницю.
3. Яку роль відіграє зворотний зв'язок у замкненій системі керування та як він впливає на її точність?
4. Чим апаратне забезпечення відрізняється від програмного в архітектурі системи керування і як вони взаємодіють?
5. Як ієрархічна та модульна структура впливають на надійність та відмовостійкість системи?
6. Що таке CAN-шина і чому вона є основою для зв'язку між різними ЕБК в автомобілі?
7. Поясніть, як несправність одного датчика, наприклад, датчика кута повороту керма, може вплинути на роботу системи ESP.
8. Які переваги уніфікації інтерфейсів між різними компонентами для виробників та для споживачів?
9. Як електричні, механічні та програмні складові взаємодіють для підвищення кінцевої ефективності мехатронної системи?
10. Які основні виклики та тенденції ви бачите у розвитку архітектури мехатронних систем в найближчі роки?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3. ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ ТА ЇХ КЕРУВАННЯ

Мета: Ознайомитися з основними типами виконавчих механізмів в автомобільних мехатронних системах, вивчити принципи їх роботи, класифікацію та методи керування.

3.1 Загальні відомості

Виконавчі механізми, або актуатори, є невід'ємною частиною будь-якої мехатронної системи, оскільки вони відповідають за перетворення електричного або гідравлічного сигналу на фізичний рух. Вони виконують команди, отримані від електронного блоку керування (ЕБК), і забезпечують взаємодію системи з навколишнім середовищем або іншими компонентами автомобіля.

Залежно від джерела енергії та принципу дії, виконавчі механізми можна розділити на кілька основних типів: **електромеханічні**, які використовують електричні мотори для створення руху; **гідравлічні**, що працюють на основі тиску рідини; та **пневматичні**, що використовують тиск повітря.

Вибір конкретного типу актуатора залежить від необхідної сили, швидкості, точності та умов експлуатації. Наприклад, в системах ABS, де потрібна висока швидкість реакції, часто використовують електрогідравлічні приводи, тоді як для простих систем, як-от керування склоочисниками, достатньо електромеханічних двигунів. Розуміння принципів керування цими механізмами, включаючи використання зворотного зв'язку, є критично важливим для забезпечення їх ефективної та надійної роботи.

3.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та порівняти обрані виконавчі механізми, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та описати роботу **електромеханічного приводу склоочисників** (Wiper Motor) та **електрогідравлічного приводу гальм** (Brake Booster) в системі ABS автомобіля **Lexus ES**.

Варіант №2. Проаналізувати та описати роботу **сервоприводу клапана EGR** (Exhaust Gas Recirculation) та **сервоприводу турбіни** (Turbo Actuator) для двигуна автомобіля **Audi A4**.

Варіант №3. Проаналізувати та описати роботу **електромеханічного приводу стояночного гальма** (EPB – Electronic Parking Brake) та **гідравлічного приводу зчеплення** (Clutch Actuator) для автомобіля **Volkswagen Passat B8**.

Варіант №4. Проаналізувати та описати роботу **електричного приводу керма** (Electric Power Steering) та **електроприводу сидінь** (Power Seat Actuator) в автомобілі **Hyundai Sonata**.

Варіант №5. Проаналізувати та описати роботу **електромагнітного клапана паливної форсунки** (Fuel Injector Solenoid) та **електромагнітного клапана системи керування фазами газорозподілу** (VVT Solenoid) для двигуна автомобіля **Toyota Camry**.

Варіант №6. Проаналізувати та описати роботу **електромеханічного приводу люка** (Sunroof Actuator) та **електроприводу дверей багажника** (Power Tailgate Actuator) в автомобілі **Skoda Superb**.

Варіант №7. Проаналізувати та описати роботу **крокового двигуна регулятора холостого ходу** (Idle Air Control Valve) та **виконавчого механізму системи зміни геометрії впускного тракту** (Variable Intake Manifold Actuator) в автомобілі **Mazda 6**.

Варіант №8. Проаналізувати та описати роботу **електромотора в системі адаптивного круїз-контролю (ACC)**, який регулює швидкість, та **електричного приводу сидінь** (Power Seat Actuator) в автомобілі **Mercedes-Benz E-Class**.

Варіант №9. Проаналізувати та описати роботу **соленоїда клапана тиску в АКПП** (Transmission Solenoid) та **електроприводу дзеркал** (Power Mirror Actuator) для автомобіля **Subaru Forester**.

Варіант №10. Проаналізувати та описати роботу **електричного компресора кондиціонера (Electric A/C Compressor)** та **сервоприводу кліматичної системи (HVAC Actuator)** в електромобілі **Tesla Model 3**.

Варіант №11. Проаналізувати та описати роботу **соленоїда паливного насоса (Fuel Pump Solenoid)** та **електричного приводу блокування диференціала (Differential Lock Actuator)** для автомобіля **Ford Kuga**.

Варіант №12. Проаналізувати та описати роботу **електроприводу дверей (Door Lock Actuator)** та **електроприводу регулювання сидінь (Seat Adjust Actuator)** в автомобілі **Audi A5**.

Варіант №13. Проаналізувати та описати роботу **виконавчого механізму системи зміни довжини впускного тракту (Variable Intake Manifold Actuator)** та **електричного приводу склопідйомника (Power Window Actuator)** в автомобілі **Nissan Qashqai**.

Варіант №14. Проаналізувати та описати роботу **сервоприводу системи активної стабілізації (Active Stabilizer Actuator)** та **електроприводу рульової колонки (Steering Column Actuator)** в автомобілі **Porsche Panamera**.

Варіант №15. Проаналізувати та описати роботу **електромагнітного клапана системи ABS (ABS Solenoid Valve)** та **соленоїда стартера (Starter Solenoid)** для автомобіля **Renault Logan**.

3.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті вам необхідно поглибити знання про виконавчі механізми, аналізуючи їхній принцип дії та методи керування. Зверніть увагу на джерела енергії, що використовуються (електричні, гідравлічні, пневматичні), та на механізм передачі руху.

Важливо також зрозуміти роль зворотного зв'язку, який дозволяє ЕБК контролювати точність і швидкість виконання команд. Наприклад, для системи електронного керування дросельною заслінкою (ETC), зворотний зв'язок від датчика положення заслінки дозволяє блоку керування точно регулювати її відкриття. Використовуйте технічні посібники, відеоуроки та наукові статті для отримання де-

тальної інформації про обрану систему та її актуатори.

3.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Яка основна функція виконавчих механізмів у мехатронній системі?
2. Чим відрізняються електромеханічні, гідравлічні та пневматичні приводи?
3. Наведіть приклад системи, де використовується зворотний зв'язок від виконавчого механізму.
4. Які переваги мають «розумні» виконавчі механізми?
5. Як впливає швидкість відгуку виконавчого механізму на ефективність системи керування?
6. Що таке сервопривід і де він використовується в автомобілі?
7. Чому в системах безпеки (ABS, ESP) переважно використовують електрогідравлічні або електромеханічні приводи?
8. Які вимоги до надійності та відмовостійкості висуваються до виконавчих механізмів?
9. Як електрична складова виконавчого механізму взаємодіє з механічною?
10. Як впливає маса виконавчого механізму на динамічні характеристики автомобіля?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. ПРОТОКОЛИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У БОРТОВИХ МЕРЕЖАХ

Мета: Ознайомитися з основними протоколами передачі даних (CAN, LIN, FlexRay), що використовуються в бортових мережах автомобіля, вивчити їхні характеристики, архітектурні особливості та сфери застосування.

4.1 Загальні відомості

Сучасний автомобіль – це не просто набір окремих блоків, а складна мережа, де десятки електронних блоків керування (ЕБК) обмінюються інформацією в режимі реального часу. Для забезпечення надійного та швидкого зв'язку використовуються спеціалізовані протоколи передачі даних.

Найбільш поширеними є **CAN (Controller Area Network)** – багатомайстрова шина, яка забезпечує високу надійність та швидкість передачі для критичних систем (двигун, гальма), **LIN (Local Interconnect Network)** – простіша та дешевша одномайстрова шина для керування менш важливими функціями (склопідйомники, дзеркала), та **FlexRay** – високошвидкісна, відмовостійка шина для систем, що вимагають синхронної роботи в реальному часі (системи безпеки, електронне керування підвіскою).

Розуміння цих протоколів є ключовим для діагностики, проектування та модернізації автомобільних систем, оскільки кожен з них має свої унікальні переваги та недоліки, що визначають його сферу застосування.

4.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та порівняти обрані протоколи передачі даних, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та порівняти протоколи CAN та

LIN на прикладі їх застосування в автомобілі **Volkswagen Golf 7**.

Варіант №2. Проаналізувати та порівняти протоколи **CAN** та **FlexRay** на прикладі їх застосування в автомобілі **BMW 7 серії**.

Варіант №3. Проаналізувати та порівняти протоколи **LIN** та **Ethernet** на прикладі їх застосування в автомобілі **Mercedes-Benz E-Class**.

Варіант №4. Проаналізувати та порівняти механізм арбітражу в **CAN** та **FlexRay**.

Варіант №5. Дослідити та описати, які протоколи використовуються в системі керування двигуном (ECU) та системі керування дверима в автомобілі **Skoda Octavia**.

Варіант №6. Дослідити та описати, які протоколи використовуються в системі ABS/ESP та системі комфорту (сидіння, дзеркала) в автомобілі **Audi A6**.

Варіант №7. Проаналізувати та описати використання **CAN** для системи **адаптивного круїз-контролю (ACC)** та **LIN** для системи керування освітленням в автомобілі **Ford Mondeo**.

Варіант №8. Проаналізувати та порівняти топологію мереж **CAN** та **FlexRay**.

Варіант №9. Дослідити та описати використання **FlexRay** для керування підвіскою та **CAN** для керування гальмами в автомобілі **Porsche Panamera**.

Варіант №10. Проаналізувати та порівняти відмовостійкість протоколів **CAN** та **LIN**.

Варіант №11. Дослідити та описати, які протоколи використовуються для зв'язку між блоком керування двигуном та блоком керування АКПП в автомобілі **Toyota Camry**.

Варіант №12. Дослідити та описати використання **LIN** для системи керування склопідійомниками та **CAN** для системи керування подушками безпеки в автомобілі **Hyundai Sonata**.

Варіант №13. Проаналізувати та описати протоколи, що використовуються в системі мультимедіа та інформаційно–розважальній системі автомобіля **Tesla Model 3**.

Варіант №14. Проаналізувати та порівняти протоколи **FlexRay** та **Ethernet** для систем активної безпеки в автомобілі **BMW 5 серії**.

Варіант №15. Дослідити та описати, які протоколи використовуються для зв'язку між датчиками системи TPMS та центральним блоком керування в автомобілі **Mazda 3**.

4.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті ви будете проводити аналітичний огляд протоколів передачі даних. Завдання полягає у порівнянні їхніх характеристик. Для цього вам необхідно знайти інформацію про швидкість передачі даних, топологію мережі (шинна, зоряна), механізм арбітражу (як блоки «домовляються» про доступ до шини), стійкість до відмов та типові сфери застосування.

Зверніть увагу, що деякі сучасні автомобілі починають використовувати протоколи, що базуються на **Ethernet** (наприклад, Automotive Ethernet), що свідчить про тенденцію до зростання обсягів передачі даних.

4.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні типи протоколів, що використовуються в автомобільних мережах.

2. Чим шина CAN відрізняється від LIN за швидкістю та надійністю?
3. Для яких систем використовується протокол FlexRay і чому?
4. Поясніть, що таке арбітраж у CAN-шині.
5. Які переваги має використання Ethernet в автомобільних мережах?
6. Чому для систем комфорту часто використовується LIN-протокол?
7. Опишіть, як відбувається передача даних між двома ЕБК, підключеними до однієї CAN-шини.
8. Які заходи кібербезпеки застосовуються для захисту бортових мереж?
9. Чому топологія мережі важлива для її функціонування?
10. Як відбувається діагностика несправностей у бортовій мережі?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5. АНАЛІЗ СИСТЕМ ADAS

Мета: Ознайомитися з принципами роботи, архітектурою та ключовими технологіями автоматизованих систем допомоги водію (ADAS – Advanced Driver–Assistance Systems), проаналізувати їхній вплив на безпеку та комфорт водіння.

5.1 Загальні відомості

ADAS (Advanced Driver–Assistance Systems) – це інтелектуальні системи, розроблені для допомоги водію в керуванні, моніторингу та ухваленні рішень з метою підвищення безпеки та зниження ризику дорожньо–транспортних пригод.

Ці системи використовують різноманітні датчики (радары, камери, лідари, ультразвукові датчики), електронні блоки керування та виконавчі механізми, щоб забезпечити такі функції, як автоматичне екстрене гальмування (AEB – Autonomous Emergency Braking), адаптивний круїз–контроль (ACC – Adaptive Cruise Control), утримання в смузі руху (LKA – Lane Keeping Assist) та моніторинг сліпих зон (BSM – Blind Spot Monitoring).

Кожна система ADAS працює за принципом «збір даних → обробка → дія», що робить її складною, але ефективною мехатронною системою. Розуміння архітектури та функціональних зв'язків між компонентами ADAS є важливим для майбутніх інженерів, оскільки ці системи є ключовим кроком на шляху до створення повністю автономних транспортних засобів.

5.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та описати обрану систему ADAS, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та описати роботу системи автоматичного екстреного гальмування (AEB) для автомобіля Volvo

XC60.

Варіант №2. Проаналізувати та описати роботу системи адаптивного круїз-контролю (ACC) для автомобіля **Toyota Camry**.

Варіант №3. Проаналізувати та описати роботу системи утримання в смузі руху (LKA) для автомобіля **Hyundai Elantra**.

Варіант №4. Проаналізувати та описати роботу системи моніторингу сліпих зон (BSM) для автомобіля **Subaru Forester**.

Варіант №5. Проаналізувати та описати роботу системи допомоги при паркуванні (Park Assist) для автомобіля **Volkswagen Passat**.

Варіант №6. Проаналізувати та описати роботу системи розпізнавання дорожніх знаків (Traffic Sign Recognition) для автомобіля **Mercedes-Benz C-Class**.

Варіант №7. Проаналізувати та описати роботу системи попередження про перехресний рух ззаду (Rear Cross Traffic Alert) для автомобіля **Mazda CX-5**.

Варіант №8. Проаналізувати та описати роботу системи нічного бачення (Night Vision System) для автомобіля **Audi A8**.

Варіант №9. Проаналізувати та описати роботу системи допомоги при русі по заторах (Traffic Jam Assist) для автомобіля **BMW 5 серії**.

Варіант №10. Проаналізувати та описати роботу системи запобігання зіткненням з пішоходами (Pedestrian Detection System) для автомобіля **Tesla Model 3**.

Варіант №11. Проаналізувати та описати роботу системи автоматичного керування дальнім світлом (Automatic High Beam Control) для автомобіля **Skoda Kodiaq**.

Варіант №12. Проаналізувати та описати роботу системи допомоги при русі на схилі (Hill Start Assist) для автомобіля **Nissan Qashqai**.

Варіант №13. Проаналізувати та описати роботу системи попередження про виїзд зі смуги руху (Lane Departure Warning) для автомобіля **Lexus RX**.

Варіант №14. Проаналізувати та описати роботу системи контролю втоми водія (Driver Drowsiness Detection) для автомобіля **Ford Focus**.

Варіант №15. Проаналізувати та описати роботу системи автоматичного керування стабілізацією причепа (Trailer Stability Assist) для автомобіля **Audi Q7**.

5.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті вам необхідно поглибити знання про системи ADAS, аналізуючи їхню архітектуру та принцип дії. Ваша задача – розібратися, як різні компоненти взаємодіють для досягнення конкретної функції.

Для цього дослідіть, які типи датчиків збирають інформацію для обраної системи, як електронний блок керування (ЕБК) обробляє ці дані (наприклад, алгоритми обробки зображень з камери для розпізнавання дорожньої розмітки) та які виконавчі механізми виконують команди (наприклад, актуатори гальм або керма). Зверніть увагу, що деякі системи є комплексними та поєднують у собі функції кількох окремих систем.

5.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Яка основна мета систем ADAS?
2. Наведіть приклади трьох типів датчиків, що використовуються в системах ADAS.
3. Як система ACC відрізняється від звичайного круїз-контролю?
4. Які алгоритми обробки інформації використовуються в системі розпізнавання дорожніх знаків?
5. Як система BSM попереджає водія про небезпеку?
6. Чому система нічного бачення є важливою для безпеки?
7. Які вимоги до часу відгуку висуваються до системи автоматичного екстреного гальмування?
8. Як взаємодіють між собою системи ABS та АЕВ?
9. Які обмеження мають системи ADAS у складних погодних умовах?
10. Як системи ADAS впливають на рівень автономності автомобіля?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6. ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОНОМНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мета: Вивчити концепцію та класифікацію автономних транспортних засобів, проаналізувати ключові технології, що забезпечують їхнє функціонування, та дослідити виклики, які стоять на шляху їхнього повноцінного впровадження.

6.1 Загальні відомості

Автономні транспортні засоби (АТЗ), або безпілотні автомобілі, є вершиною розвитку мехатроніки в автомобільній промисловості. Їхня концепція базується на повному або частковому усуненні потреби в людському керуванні. Загальновизнана класифікація рівнів автономності, розроблена Товариством автомобільних інженерів (SAE – Society of Automotive Engineers), поділяє автомобілі на 6 рівнів (від 0 до 5). Рівні 0–2 – це системи допомоги водію (ADAS), що вимагають постійної уваги водія, тоді як рівні 3–5 є системами з автономним керуванням, які дозволяють водію відволікатися або взагалі відсутні.

Ключовими технологіями, що роблять це можливим, є **комп'ютерний зір, сенсорне злиття (sensor fusion), штучний інтелект та точна навігація**. Вони дозволяють автомобілю сприймати, аналізувати та реагувати на навколишнє середовище, що є критично важливим для безпеки. Однак, крім технологічних викликів, існують також правові та етичні аспекти, які необхідно вирішити для широкого впровадження АТЗ.

6.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати обраний рівень автономності та його ключові технології, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та описати функціонал **1-го рівня автономності (Level 1)** на прикладі системи адаптивного круїз–

контролю для автомобіля **Hyundai Ioniq 5**.

Варіант №2. Проаналізувати та описати функціонал **2-го рівня автономності (Level 2)** на прикладі системи **автопілота (Autopilot)** для автомобіля **Tesla Model Y**.

Варіант №3. Проаналізувати та описати функціонал **3-го рівня автономності (Level 3)** на прикладі системи **Traffic Jam Pilot** для автомобіля **Audi A8**.

Варіант №4. Проаналізувати та описати технології, що забезпечують **4-й рівень автономності (Level 4)**, на прикладі безпілотного таксі **Waymo**.

Варіант №5. Проаналізувати та описати технології, що забезпечують **5-й рівень автономності (Level 5)**, та обґрунтувати, чому такі автомобілі ще не існують.

Варіант №6. Проаналізувати та описати роль **лідарів (LiDAR)** у системах автономного керування на прикладі автомобіля **Luminar**.

Варіант №7. Проаналізувати та описати роль **комп'ютерного зору (Computer Vision)** для системи розпізнавання об'єктів та дорожньої розмітки в автомобілі **Tesla**.

Варіант №8. Проаналізувати та описати технологію **сенсорного злиття (Sensor Fusion)** для системи автономного керування автомобіля **General Motors Cruise**.

Варіант №9. Проаналізувати та описати, як **штучний інтелект (Artificial Intelligence)** використовується для прийняття рішень у безпілотному автомобілі.

Варіант №10. Проаналізувати та описати роль **GNSS-навігації (Global Navigation Satellite System)** та **точних карт** у функціонуванні АТЗ.

Варіант №11. Проаналізувати та описати, як система **V2X (Vehicle-to-Everything)** впливає на безпеку та ефективність автономного водіння.

Варіант №12. Проаналізувати та описати **етичні дилеми**

(Ethical Dilemmas) в програмуванні автономних транспортних засобів.

Варіант №13. Проаналізувати та описати роль **5G–мереж** у розвитку автономних автомобілів.

Варіант №14. Проаналізувати та описати функціонал **системи «автопілот»** (Autopilot System) для автомобіля **Ford Mustang Mach-E**.

Варіант №15. Проаналізувати та описати технології, що забезпечують **безпеку та надійність** автономних транспортних засобів.

6.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті вам необхідно поглибити знання про автономні транспортні засоби. Ваша задача – розібратися у відмінностях між рівнями автономності та технологіях, що забезпечують їхнє функціонування. Зверніть увагу на те, як змінюється роль водія від рівня до рівня, і які технологічні вимоги є для кожного з них.

Наприклад, для досягнення 3–го рівня автономності необхідно забезпечити можливість передачі керування назад до водія в разі потреби, тоді як для 4–го рівня це вже не є обов'язковим в певних умовах. Дослідіть, як сенсорне злиття поєднує дані від різних датчиків (камер, радарів, лідарів) для створення повної картини навколишнього середовища.

6.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Яка основна різниця між системами ADAS (рівні 0–2) та автономними системами (рівні 3–5)?
2. Опишіть, як змінюється роль водія з переходом від 2–го до 3–го рівня автономності.
3. Чому сенсорне злиття є критично важливою технологією для автономних автомобілів?
4. Які переваги має використання лідара у порівнянні з радаром та камерою?
5. Як алгоритми штучного інтелекту допомагають автомобілю «навчитися» керувати?
6. Поясніть, що таке V2X і чому ця технологія важлива для розвитку АТЗ.
7. Які правові та регуляторні проблеми існують для АТЗ?
8. Які основні виклики потрібно подолати для досягнення 5–го рівня автономності?
9. Чим відрізняється поведінка людини за кермом від поведінки АТЗ?
10. Наведіть приклад етичної дилеми, з якою може зіткнутися автономний автомобіль.

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 7. ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ СИЛОВІ УСТАНОВКИ

Мета: Вивчити класифікацію диференціалів, їх робочий процес та вплив на експлуатаційні властивості автомобілів.

7.1 Загальні відомості

Гібридні (HEV – Hybrid Electric Vehicle) та електричні (EV – Electric Vehicle) силові установки є ключовими технологіями в сучасній автомобільній індустрії, що дозволяють значно знизити витрати палива та викиди шкідливих речовин. У гібридних автомобілях механічна та електрична енергія використовуються спільно, що дозволяє досягти оптимальної ефективності.

Існує кілька основних конфігурацій: **послідовна** (бензиновий двигун заряджає батарею, яка живить електромотор), **паралельна** (обидва мотори можуть приводити автомобіль в рух одночасно) та **послідовно–паралельна** (Power–Split) – найскладніша, але найефективніша. Електричні автомобілі, у свою чергу, використовують лише електричну енергію, що зберігається в акумуляторній батареї.

Ключовими мехатронними компонентами є **електромотори, акумуляторні батареї, інвертори** та складні системи керування, що контролюють потоки енергії. Розуміння принципів роботи цих систем є важливим для майбутніх фахівців.

7.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та описати обрану гібридну або електричну силову установку, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та описати **послідовно–паралельну гібридну силову установку** на прикладі автомобіля **Toyota Prius**.

Варіант №2. Проаналізувати та описати **паралельну гібридну силову установку** на прикладі автомобіля **Honda Civic Hybrid**.

Варіант №3. Проаналізувати та описати **послідовну гібридну силову установку** на прикладі автомобіля **Chevrolet Volt**.

Варіант №4. Проаналізувати та описати **архітектуру електричної силової установки** на прикладі автомобіля **Nissan Leaf**.

Варіант №5. Проаналізувати та описати **архітектуру електричної силової установки** на прикладі автомобіля **Tesla Model S**.

Варіант №6. Проаналізувати та описати **роботу системи рекуперативного гальмування (Regenerative Braking)** для електромобіля.

Варіант №7. Проаналізувати та описати **систему керування акумуляторною батареєю (BMS – Battery Management System)** для електромобіля.

Варіант №8. Проаналізувати та описати **роль інвертора (Inverter)** у роботі електромобіля.

Варіант №9. Проаналізувати та описати **архітектуру гібридної системи Parallel Hybrid System** на прикладі автомобіля **Ford Fusion Hybrid**.

Варіант №10. Проаналізувати та описати **архітектуру Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)** на прикладі автомобіля **Mitsubishi Outlander PHEV**.

Варіант №11. Проаналізувати та описати **мехатронні системи електричного приводу (Electric Drive)** на прикладі автомобіля **Volkswagen ID.4**.

Варіант №12. Проаналізувати та описати **роботу електромотора–генератора (Motor–Generator Unit)** у гібридних системах.

Варіант №13. Проаналізувати та описати **архітектуру Mild Hybrid Electric Vehicle (MHEV)** на прикладі автомобіля **Audi A6**.

Варіант №14. Проаналізувати та описати **архітектуру гібридної системи Range–Extended EV (EREV)** на прикладі автомобіля **BMW**

i3 with Range Extender.

Варіант №15. Проаналізувати та описати мехатронні системи системи охолодження батареї (Battery Cooling System) в електро-мобілях.

7.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті вам необхідно поглибити знання про мехатронні системи гібридних та електричних автомобілів. Ваша задача – проаналізувати архітектуру обраної силової установки. Зверніть увагу на те, як відбувається керування потоками енергії між ДВЗ, електромотором та акумулятором.

Наприклад, у послідовно–паралельній системі механічна енергія розподіляється за допомогою планетарного редуктора, що дозволяє працювати ДВЗ в оптимальному режимі. Не забудьте також проаналізувати систему **рекуперативного гальмування**, яка дозволяє перетворювати кінетичну енергію в електричну під час гальмування, що значно підвищує ефективність. Використовуйте технічні посібники та відеоогляди для розуміння принципових схем та функціонування.

7.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимог щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Які основні переваги гібридних автомобілів над звичайними бензиновими?
2. Назвіть три основні типи гібридних установок і поясніть їхні від-

мінності.

3. Як система рекуперативного гальмування підвищує ефективність гібридного або електричного автомобіля?
4. Яка роль інвертора в електричній силовій установці?
5. Що таке BMS (Battery Management System) і чому вона є важливою?
6. Які основні мехатронні компоненти необхідні для роботи електромобіля?
7. Які переваги та недоліки має послідовна гібридна установка?
8. Як впливає маса акумуляторної батареї на динамічні характеристики електромобіля?
9. Чому так важливо керувати тепловим режимом акумуляторної батареї?
10. Як впливають гібридні системи на екологічні показники автомобіля?

Література

[1]–[5].

ПРАКТИЧНА РОБОТА 8. ДІАГНОСТИКА МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ

Мета: Ознайомитися з основами діагностики мехатронних систем, вивчити принципи роботи бортової системи самодіагностики (OBD–II), а також навчитися інтерпретувати діагностичні коди несправностей (DTC).

8.1 Загальні відомості

Діагностика мехатронних систем є критично важливою для їхнього ефективного технічного обслуговування та ремонту. З кожним роком кількість електронних блоків керування (ЕБК) в автомобілі зростає, що робить традиційні методи діагностики неефективними. Для вирішення цієї проблеми була розроблена уніфікована система самодіагностики **OBD–II (On–Board Diagnostics II)**.

Вона дозволяє автомобілю постійно моніторити роботу всіх основних систем, і у разі виявлення несправності, зберігати її код у пам'яті. Ці коди, відомі як **діагностичні коди несправностей (DTC – Diagnostic Trouble Codes)**, дають змогу швидко і точно ідентифікувати джерело проблеми. Діагностика включає в себе не лише зчитування кодів, а й аналіз даних, що надходять від датчиків, тестування виконавчих механізмів та вивчення поведінки системи. Розуміння цих процесів є ключовим для будь-якого фахівця, який працює з сучасними автомобілями.

8.2 Завдання до практичної роботи

За заданим варіантом завдання, необхідно проаналізувати та описати діагностичний процес обраної системи, використовуючи теоретичні положення з лекційного матеріалу даного курсу.

Варіанти завдань для виконання практичної роботи

Варіант №1. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності, пов'язаної з **пропуском запалювання (DTC P0300)**, на прикладі автомобіля **Toyota Corolla**.

Варіант №2. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **датчика кисню** (DTC P0135), на прикладі автомобіля **Volkswagen Jetta**.

Варіант №3. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **датчика масової витрати повітря** (DTC P0100), на прикладі автомобіля **Ford Focus**.

Варіант №4. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **датчика швидкості колеса** (DTC C0035), на прикладі системи ABS автомобіля **Nissan Qashqai**.

Варіант №5. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **електромагнітного клапана** (DTC P0010), на прикладі системи керування двигуном автомобіля **Honda Accord**.

Варіант №6. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **електронного блоку керування** (DTC P0600), на прикладі автомобіля **Audi A4**.

Варіант №7. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **термостата** (DTC P0128), на прикладі автомобіля **Skoda Octavia**.

Варіант №8. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **дросьельної заслінки** (DTC P2101), на прикладі автомобіля **Hyundai Sonata**.

Варіант №9. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **датчика тиску в шинах** (DTC C0074), на прикладі системи TPMS автомобіля **Mazda 3**.

Варіант №10. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **електроприводу** (DTC B1000), на прикладі системи безключового доступу автомобіля **Kia Sportage**.

Варіант №11. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **системи круїз-контролю** (DTC P0571), на прикладі автомобіля **Toyota Camry**.

Варіант №12. Проаналізувати та описати діагностичний процес

для несправності **системі подушок безпеки (DTC B0020)**, на прикладі автомобіля **Chevrolet Cruze**.

Варіант №13. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **системі стабілізації (DTC C1288)**, на прикладі автомобіля **BMW 3 серії**.

Варіант №14. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **генератора (DTC P0622)**, на прикладі автомобіля **Subaru Forester**.

Варіант №15. Проаналізувати та описати діагностичний процес для несправності **датчика температури вихлопних газів (DTC P0544)**, на прикладі автомобіля **Renault Megane**.

8.3 Порядок проведення практичної роботи

На цьому занятті ви будете вивчати принципи діагностики, використовуючи інформацію про OBD–II. Ваша задача – розібратися, як система фіксує та зберігає інформацію про несправності. Зверніть увагу на структуру діагностичного коду (наприклад, P0300) та його розшифрування. Дослідіть, як діагностичні прилади підключаються до автомобіля і як вони взаємодіють з ЕБК. Також важливо зрозуміти, що діагностика – це не лише зчитування коду, а й аналіз супутніх параметрів (температура, тиск, швидкість обертання), які дозволяють встановити справжню причину несправності.

8.4 Зміст звіту

Звіт має бути виконаний відповідно до вимогам щодо оформлення навчальних робіт і містити:

- найменування роботи та її мету;
- зміст завдання та необхідні ілюстрації (схеми, графіки тощо);
- розрахунки (за необхідності);
- висновки з роботи.

У процесі здавання звіту про виконану роботу студент повинен дати відповіді на поставлені викладачем запитання за результатами роботи і наведеними теоретичними відомостями.

Контрольні запитання

1. Яка основна мета системи OBD–II?
2. Назвіть основні типи діагностичних кодів (DTC) та їхнє значення.
3. Як відрізняється діагностичний процес для механічної та мехатронної несправності?
4. Що таке Freeze Frame Data і навіщо вона потрібна?
5. Поясніть, що таке PIDs (Parameter IDs) і як вони використовуються в діагностиці.
6. Чому так важливо аналізувати не тільки DTC, але й супутні параметри?
7. Які переваги має використання прогнозової аналітики в діагностиці?
8. Як відбувається оновлення програмного забезпечення ЕБК?
9. Чому деякі діагностичні коди є тимчасовими, а деякі постійними?
10. Які основні виклики існують у діагностиці сучасних мехатронних систем?

Література

[1]–[5].

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Грабченко А. И., Клепиков В. Б., Доброскок В. Л. Введение в мехатронику. Харьков : НТУ «ХПИ», 2014. 264 с.
2. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільного транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
3. Konrad Reif. Automotive mechatronics. Automotive networking, driving stability systems, electronics. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2015. 549 p.
4. Levent Güvenc, Bilin Aksun Güvenc, Burak Demirel. Control of mechatronic systems. London : The Institution of Engineering and Technology, 2017. 217 p.
5. Patrick Kaltjob. Mechatronic Systems and Process Automation. Boca Raton : CRC Press, 2018. 468 p.

Допоміжна

6. Andrew J. Kurdila. Dynamics and control of robotic systems. Hoboken : John Wiley & Sons Ltd, 2020. 517 p.
7. Mohammad H. Abedin–Nasab. Handbook of robotic and image–guided surgery. Cambridge : Elsevier, 2020. 724 p.
8. Ambarish Goswami. Humanoid robotics: a reference. Dordrecht : Springer Nature B.V., 2019. 2676 p.
9. Clifford A. Pickover. Artificial intelligence. An illustrated history. New York : Sterling Publishing Co., Inc., 2019. 268 p.
10. Robert H. Bishop. Mechatronics. An Introduction. Boca Raton : CRC Press, 2006. 285 p.
11. Robert H. Bishop. Mechatronic System Control, Logic, and Data Acquisition. Boca Raton : CRC Press, 2008. 755 p.
12. Robert H. Bishop. Mechatronic Systems, Sensors, And Actuators. Boca Raton : CRC Press, 2007. 656 p.
13. William Bolton. Mechatronics : electronic control systems in mechanical and electrical engineering. Harlow : Pearson, 2015. 663 p.
14. David G. Alciatore. Introduction to mechatronics and measurement systems. New York : McGraw–Hill Education, 2018. 609 p.
15. Erika Ottaviano. Mechatronics for cultural heritage and civil

- engineering. Cham : Springer International Publishing AG, 2018. 372 p.
16. Fijalkowski B.T. Automotive mechatronics: operational and practical issues. Heidelberg : Springer, 2011. Volume I. 612 p.
 17. Fijalkowski B.T. Automotive mechatronics: operational and practical issues. Heidelberg : Springer, 2011. Volume II. 538 p.
 18. Edwin Kiel. Drive Solutions. Mechatronics for production and logistics. Berlin : Springer–Verlag, 2008. 545 p.
 19. Uwe Kiencke, Lars Nielsen. Automotive control systems for engine, driveline, and vehicle. Berlin : Springer–Verlag, 2005. 521 p.
 20. John Billingsley. Essentials of mechatronics. Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2006. 267 p.
 21. Frank Lamb. Industrial Automation. Hands On. New York : McGraw–Hill Education, 2013. 369 p.
 22. Günter Ullrich. Automated guided vehicle systems a primer with practical applications. Berlin : Springer–Verlag, 2015. 237 p.
 23. Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations. Washington, DC : The national academies press, 2005. 257 p.
 24. Driver Reactions to Automated Vehicles. A Practical Guide for Design and Evaluation. Boca Raton : CRC Press, 2018. 177 p.
 25. Road Vehicle Automation. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2014. 257 p.
 26. Road Vehicle Automation 2. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2015. 226 p.
 27. Road Vehicle Automation 3. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2016. 292 p.
 28. Road Vehicle Automation 4. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2018. 255 p.
 29. Road Vehicle Automation 5. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2019. 246 p.
 30. Road Vehicle Automation 6. Lecture notes in mobility / Gereon Meyer, Sven Beiker (editors). Switzerland : Springer, 2019. 146 p.
 31. Hans–Leo Ross. Functional safety for road vehicles. New challenges and solutions for E–mobility and automated driving. Switzerland : Springer International Publishing, 2016. 276 p.
 32. Huaqun Guo. Automotive informatics and communicative systems: principles in vehicular networks and data exchange. New York : Information Science Reference, 2009. 364 p.

33. Jan Fischer–Wolfarth. Advanced microsystems for automotive applications 2014. Smart systems for safe, clean and automated vehicles. Switzerland : Springer International Publishing, 2014. 305 p.
34. Kimon P. Valavanis. Advances in Unmanned Aerial Vehicles. State of the Art and the Road to Autonomy. Dordrecht : Springer, 2007. 551 p.
35. Hassan Rashidi, Edward Tsang. Vehicle Scheduling in Port Automation. Advanced Algorithms for Minimum Cost Flow Problems. Boca Raton : CRC Press, 2016. 260 p.
36. Steffen Heinrich. Planning universal on–road driving strategies for automated vehicles. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2018. 141 p.

Інформаційні ресурси

37. The IEEE/ASME TRANSACTIONS ON MECHATRONICS (TMECH) is a bimonthly periodical source. <http://www.ieee-asme-mechatronics.org> (дата звернення: 2.08.2025).
38. Mechatronics – an international journal. <https://www.journals.elsevier.com/mechatronics> (дата звернення: 2.08.2025).
39. Mechatronics, Informatics and Control Group (MICG) – incorporates the Mechatronics Forum, which has been actively promoting mechatronics internationally for the past 20 years. <https://www.imeche.org/get-involved/special-interest-groups/mechatronics-informatics-and-control-group> (дата звернення: 2.08.2025).
40. Robotics. <https://curlie.org/Computers/Robotics> (дата звернення: 2.08.2025).
41. IEEE Robotics and Automation Society. <http://www.ieee-ras.org> (дата звернення: 2.08.2025)
42. Investigation of social robots – Robots that mimic human behaviors and gestures. <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/index.html> (дата звернення: 2.08.2025)
43. Wired's guide to the '50 best robots ever', a mix of robots in fiction (Hal, R2D2, K9) to real robots (Roomba, Mobot, Aibo). <https://www.wired.com/wired/archive/14.01/robots.html> (дата звернення: 2.08.2025)
44. Automotive Electronic Systems Clemson Vehicular Electronics

- Laboratory Website <http://www.cvel.clemson.edu/auto/systems/auto-systems.html> (дата звернення: 2.08.2025).
45. Seattle Robotics «What is a Servo?». <http://www.seattlerobotics.org/guide/servos.html> (дата звернення: 2.08.2025).
 46. Different types of servo motors. <http://www.servotronix.com/servomotors.html> (дата звернення: 2.08.2025).
 47. Automotive Manufacturing Engineering Overview. <http://www.automotiveengineeringhq.com/automotive-manufacturing-engineering/> (дата звернення: 2.08.2025).
 48. Engineering Synergy. <http://myengineeringsystems.co.uk/> (дата звернення: 2.08.2025).
 49. The Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), formerly the Institute of Industrial Engineers, is a professional society dedicated solely to the support of the industrial engineering profession and individuals involved with improving quality and productivity. <http://www.iise.org/> (дата звернення: 2.08.2025).
 50. SME (previously the Society of Manufacturing Engineers) is a non-profit student and professional association for educating and advancing the manufacturing industry in North America. <http://sme.org/> (дата звернення: 2.08.2025).