

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет “Запорізька політехніка”

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійної роботи з дисципліни
“Електричне обладнання двигунів внутрішнього згорання”
для студентів освітньо-професійної програми
“Двигуни внутрішнього згорання”
денної та заочної форм навчання

2024

Укладачі: Георгій Слинько, професор, д.т.н.
Наталя Рябошапка, ст.викл.

Рецензент: Наталія Євсєєва, доцент, к.т.н.

Відповідальний за випуск: Віктор Алмаєв, зав.лаб.

З М І С Т

	ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	4
1	ВПЛИВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОМОБІЛІВ	8
2	ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ	10
3	ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИРОБІВ ТА СИСТЕМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	12
4	ОСНОВНІ ВІДМОВИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	14
5	ВПЛИВ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	22
	КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ	24
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	25

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Електрообладнання та електронні системи автоматичного керування є найбільш важливим елементом забезпечення безпеки руху транспортних машин, екологічної безпеки та підвищення продуктивності праці водіїв.

Надійність роботи виробів електрообладнання багато в чому визначають аварійність у процесі дорожнього руху автомобіля, його екологічну безпеку, економічність та динаміку.

До виробів електрообладнання, що впливають на безпеку руху автотранспорту, відносять фари головного та робочого освітлення, фари-прожектори, прожектори, покажчики, ліхтарі, розпізнавальні знаки автопоїзда, катафоти, протитуманні фари й ліхтарі, габаритні вогні, сигнали гальмування, ліхтарі висвітлення номерного знака, аварійну сигналізацію (зовнішні світлові прилади). А також сигналізатори, склоочисники, звуковий сигнал, пристрої обігріву та обдуву вітрового скла, пристрої проти викрадення, спідометри й тахометри, а також джгути проводів.

Тому що функціонування виробів та систем електрообладнання засноване на використанні електричних, електромагнітних, електронних, магнітних, механічних, оптичних та інших процесів, що відбуваються усередині конструкції, то в деталях виробів протікають процеси відведення та розсіювання теплоти, поглинання магнітних і електричних полів, зміни розмірів і непружних деформацій і т.д. Ці процеси бувають оборотними й необоротними.

У випадку *оборотних процесів*, що викликають збої або нестійку роботу, параметри виробів відновлюються до первісних значень, а у випадку *необоротних процесів* відбувається зношування деталей виробів або їх старіння.

При *старінні* виникає процес необоротних змін параметрів через деградацію фізичної структури матеріалів і комплектуючих виробів у процесі експлуатації. При *зношуванні* відбувається руйнування елементів виробу через механічне тертя або внаслідок дії електричного струму (електрична ерозія).

Таким чином, до причин та наслідків зміни технічного стану в процесі експлуатації можна віднести: навантаження елементів виробу,

взаємне переміщення елементів, вплив теплової та електричної енергії, вплив хімічно активних компонентів, вплив зовнішнього середовища, вплив водія.

Для визначення технічного стану виробів та систем електрообладнання застосовують прямий і непрямий методи виміру поточних значень конструктивних параметрів (розміри, зазори, електричні характеристики, кутові й лінійні переміщення і т.д.).

Прямий метод має переваги в точності, наочності, вірогідності, застосуванні досить простого інструмента та простої технології вимірів. До недоліків його слід віднести: необхідність часткового або повного розбирання виробу, порушення деталей, неможливість комплексного контролю складних систем.

Діагностичний метод дозволяє: не розбирати вироби або системи, робити контроль із меншою трудомісткістю, оперативно одержувати результат контролю та контролювати найскладніші електронні системи керування агрегатами транспортного засобу.

До недоліків діагностичного методу відносять: складність та високу вартість діагностичного устаткування, високу кваліфікацію проведення метрологічного контролю устаткування та обслуговуючого персоналу (оператора).

Зміну технічного стану та параметрів виробів і систем електрообладнання можна зафіксувати декількома *діагностичними параметрами*, з яких доцільно вибирати найбільш ефективний параметр.

Ефективність параметра залежить від його *однозначності* (крива його зміни монотонна та не має перегибів), *стабільності*, *чутливості* та *інформативності* (комплексна властивість, яка при визначенні технічного стану об'єкта діагностування зведе до мінімуму можливість прийняти фактично несправний по технічному параметру об'єкт діагностування за справний і навпаки).

Розрізняють два способи діагностування. Перший характеризується тим, що в процесі діагностування на об'єкт діагностування, який може перебувати в непрацездатному стані, роблять певні механічні, електричні або інші впливи й за допомогою датчиків фіксується його реакція у вигляді *діагностичного сигналу*.

Другий спосіб полягає в тому, що об'єкт діагностування виводять на заданий, тестовий режим роботи та за допомогою датчиків аналізують інформацію від нього, яка може бути перетворена

в цифрову або іншу форму. Вона рівняється з еталоном або зразком, записаним на процесорі або в таблиці, та відображає її на дисплеї й/або у вигляді роздруківки.

На практиці прямий та діагностичний методи взаємодіють і доповнюють один одного. Перевага віддається методу, що має найменшу тривалість процедури, а також оперативно дозволяє виявити та усунути відмову виробу, системи або їх елемента.

Процеси, що відбуваються у виробках під час експлуатації, можуть бути виражені у вигляді функціональних залежностей або мати випадковий характер. Для функціональних залежностей характерний твердий зв'язок між функцією та аргументом, наприклад, залежність пройденого шляху від часу руху або зношування шестірні привода стартера від кількості включень (пусків двигуна) і т.д. Для випадкових процесів характерно те, що вони відбуваються залежно від багатьох змінних факторів, які часто невідомі по величині. А це означає, що результати носять імовірнісний характер і можуть ухвалювати різні кількісні значення (у вигляді розсіювання або варіації). Експлуатація має випадкову природу процесів, що відбуваються у виробках, і випадкові значення зміни їхніх конструкційних параметрів.

Для забезпечення працездатності виробів електрообладнання в експлуатації застосовують метод підтримки заданого рівня працездатності за допомогою технічного обслуговування (ТО), метод відновлення втраченої працездатності шляхом ремонту (Р) та комбінованим методом, що включають ТО та Р.

Під *технічним обслуговуванням* розуміють профілактичні заходи, які попереджають і віддаляють момент досягнення виробом електрообладнання та їх елементами граничного стану (відмови й несправності).

Розрізняють ТО: контрольно-діагностичне, електротехнічне, регульовальне, щоденне, сезонне та регламентне.

Для забезпечення виконання Правил та стандартів експлуатації на борті автомобілів з'явилися системи вбудованої бортової діагностики першого та другого покоління.

До особливостей вбудованих систем бортової діагностики відносять: виконання їх у вигляді сигнальної апаратури — світлових індикаторів на електролампах або світлодіодах. Мікропроцесорна техніка та мультимплексування інформації в бортових мережах

автомобілів дозволили суттєво полегшити виконання законодавчих норм по токсичності відхідних газів двигунів внутрішнього згоряння та забезпечити контроль гібридних силових приводів автомобілів.

Основним показником виробів електрообладнання в умовах експлуатації є надійність. *Надійність* — це властивість виробу зберігати в процесі наробітки в заданих межах значення своїх електричних, механічних, магнітних і інших параметрів, що визначають здатність виконувати необхідні функції (за призначенням). Часто розуміють під надійністю якість виробу, розгорнуту в часі.

Надійність виробу або системи електрообладнання містить у собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність.

Для оцінки *безвідмовності* застосовують: імовірність безвідмовної роботи $P(T)$, середній наробіток до відмови та між відмовами T_e , інтенсивність відмов для невідновлюваних виробів $\Lambda(T)$, гамма-процентний наробіток до відмови $T_{\gamma\%}$.

Для оцінки *довговічності* використовують: гамма-процентний ресурс або гамма-процентний термін служби $T_{\gamma\%}$, середній ресурс T_{po} ; ймовірність досягнення граничного стану $P(T_{пр})$.

Для оцінки *ремонтпридатності* задають: імовірність відновлення виробу за час t — $P(t)$, гамма-процентний час відновлення, час, протягом якого виріб може бути відновлено з імовірністю $\gamma/100$; середній час відновлення t_0 .

Для оцінки *збереження* застосовують: середній T_{co} й гамма-процентний строк $T_{c\gamma\%}$ збереження виробів.

Показники надійності виробів та систем, отримані за результатами експлуатації, використовуються для коректування технології та організації ТО й діагностики з урахуванням вимог, пред'явлених виробникам виробів.

Взаємозв'язок показників надійності виробів з відмовами в процесі експлуатації дозволяє здійснювати процес відновлення працездатності (усунення відмов та несправностей). При цьому організація ТО та діагностики повинна здійснюватися на базі закономірності процесів відновлення, тобто частковий або повний заміні підлягають тільки ті деталі, що відмовили.

Таким чином, технічний стан та методи забезпечення працездатності виробів і систем електрообладнання підтримуються за

допомогою сформованих систем технічного обслуговування та діагностики.

1 ВПЛИВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН АВТОМОБІЛІВ

Залежно від свого функціонального призначення системи електроустаткування підрозділяються на:

- систему електропостачання, що складається з генераторної установки з регулятором напруги, що вбудованого в генератор, або генератора з виносним регулятором, акумуляторної батареї (АКБ) та пучка сполучних проводів;
- систему пуску двигуна внутрішнього згоряння, що включає електростартер, реле керування стартером, АКБ (іноді із застосуванням молекулярного накопичувача — суперконденсатора) та додаткові пристрої передпускового підігріву (електрофакельні підігрівники, повітряний або рідинний підігрівники). Для ряду автомобілів у цей час спроектовано, освоюється або перебуває у виробництві стартер-генератор. Він інтегрований у маховик двигуна та управляється електронним модулем (режим стартера або генератора та функцію системи «стоп-старт»);
- систему запалювання, що включає іскрові свічі запалювання, високовольтні проводи та свічкові наконечники, екрановані або неекрановані, а також переривник-розподільник або датчик-розподільник, котушку запалювання одне-, двох-, чотирьохвыводну або індивідуальну на кожен свічу запалювання, транзисторний комутатор і додатковий резистор;
- систему освітлення та світлової й звукової сигналізації, що полягає з фар головного освітлення, покажчиків повороту, задніх і передніх ліхтарів, ліхтаря освітлення номерного знака, габаритних вогнів, плафонів освітлення салону, світлових табло;
- систему електропривода, що полягає з електродвигуна нагрівника; електроventilatorів; скло- та фароочисників; склопідйомників; блокування дверей; моторедукторів антени, дзеркал заднього виду та сидінь водія й пасажирів;
- систему комутації та проводки, що полягає з вимикачів, перемикачів, кнопок керування, електромагнітних і електронних реле; блоку запобіжників і реле; вимикача запалювання (замка

запалювання); пучка проводів; роз'ємів та з'єднувачів. У випадку застосування на транспортному засобі мультимплексної проводки в системі комутації з'являються інтелектуальні ключі, електронний блок керування із центральним процесором, шини Can-протоколу зв'язку (Controller Area Network) і локальні модулі;

- систему інформації та контролю параметрів автомобіля, його агрегатів, що включає датчики тиску масла, температури охолодної рідини, швидкості автомобіля; спідометр; тахометр; лічильник мотогодин; вказівні прилади; щитки приладів і діагностичні панелі або дисплеї; сигналізатори аварійних значень контрольованих параметрів;

- систему подавлення радіоперешкод, що полягає з фільтрів, резисторів, екранів і напівекранів;

- системи електронної автоматики та керування двигуном, силовим агрегатом, блокуванням гальм, положенням підвіски та системами активної й пасивної безпеки.

Перші три системи та датчики системи інформації й контролю, установлені на двигуні внутрішнього згоряння, відносять до моторного комплексу електроустаткування, за винятком елементів систем передпускового підігріву, що перебувають у салоні або кабіні.

Системи освітлення та світлової сигналізації, а також очищення переднього, заднього скла і фар, запобігання блокування гальм відносять до систем активної й пасивної безпеки.

Система інформації та контролю параметрів двигуна й автомобіля одночасно виконує функції вбудованої діагностичної системи.

У систему життєзабезпечення та комфорту входить велика кількість типорозмірів електроприводних механізмів.

До системи екологічної безпеки можна віднести електронні системи керування силовими агрегатами.

У цей час на автомобілях з'явилися мультимплексні системи бортової мережі із Can-Інтерфейсною шиною контролю та керування з відкритим стандартним протоколом обміну даними, інтегрований стартер-генератор, електронні засоби зв'язку через супутникові системи й «Інтернет». У цих мережах знаходять широке застосування інтелектуальні ключі із захистом від коротких замикань і керовані через шину CAN вторинні джерела-перетворювачі напруги. Ці перетворювачі охороняють від перевантажень вихідні каскади

електронних блоків керування й від перенапруг, що виникають у процесі аномальних режимів роботи при комутації струмів потужних споживачів (режим скидання навантаження).

Класифікувати системи електроустаткування можна й по архітектурі бортової мережі автомобіля. Наприклад, *мережа розподілу електричної енергії, мережа захисту від коротких замикань сигналізації, мережа дорожньої й екологічної безпеки та мережі низькошвидкісної і високошвидкісної передачі інформації*.

Загальна класифікація по архітектурі бортової мережі систем електрообладнання (табл.1.1) визначає методи організації технічного обслуговування та ремонту виробів електрообладнання залежно від умов експлуатації.

Таблиця 1.1 – Класифікація електрообладнання по архітектурі бортової мережі

<i>Перший рівень:</i>	Силова мережа розподілу електричної енергії із захистом від коротких замикань і сигналізацією про аварійні ситуації
<i>Другий рівень:</i>	Мережа дорожньої й екологічної безпеки
<i>Третій рівень:</i>	Мультиплексна мережа низької швидкості передачі інформації
<i>Четвертий рівень:</i>	Мережа високої швидкості передачі інформації

2 ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЮ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

На ефективність процесу експлуатації, технічного обслуговування та діагностики електрообладнання великий вплив виявляють фактори експлуатації (пора року, кліматична зона й кваліфікація персоналу).

Вплив факторів експлуатації на режим роботи виробів і систем електроустаткування, а також вузлів і деталей пов'язаний із прискоренням або затримкою зміни параметрів їх технічного стану. Під *технічним станом* розуміють електричні, механічні й інші параметри виробів і систем, які залежать від впливу на них

дестабілізуючих факторів (температури, вологості, режиму роботи й інтенсивності експлуатації). При цьому міняються показники надійності виробів, що впливає на періодичність технічного обслуговування, трудомісткість ремонту та витрату запасних частин.

На показники надійності електрообладнання однозначно впливають зовнішні та внутрішні об'єктивні, а також місцеві або суб'єктивні умови. До зовнішніх умов відносять тип дорожнього покриття, умови руху й кліматичний вплив.

Під впливом природних та інших факторів у комплектуючих виробках, матеріалах і вузлах систем електрообладнання протікають складні процеси, що приводять до витрати ресурсу та відмовам. У першу чергу це відноситься до теплового режиму роботи виробів. Причому високі температури викликають не тільки втрату пружності матеріалу, зменшення в'язкості змащень, зміну об'єму деталей і старіння матеріалів, але приводять до конструкційних відмов. До них можна віднести розриви, деформації, заїдання, заклинювання й зношування деталей. В електронних виробках підвищені температури викликають нестабільність електричних параметрів, виникнення теплової нестійкості й тепловий пробій діелектриків, р-n-переходів і ізоляційних матеріалів (плівок) конденсаторів.

При низьких температурах відбуваються зміни електрофізичних параметрів матеріалів, виникають механічні напруги усередині елементів, обриви й короткі замикання в обмотках, губиться герметичність виробу або приладу.

У напівпровідникових приладів під впливом природних факторів виникають відмови, пов'язані з механічними ушкодженнями в місцях з'єднання кремнію — оксиду кремнію, кремнію — металу, металу — скло і т.д.

Висока вологість викликає появу конденсату, роси, змачення емульгується, виникає корозія металів, погіршуються ізоляційні властивості матеріалів. У напівпровідникових приладах виникають електрохімічні й гальванічні процеси (через адсорбцію пари на поверхню матеріалів, сорбції пари води матеріалом, контактної корозії — руйнування металів у присутності електроліту). Ці процеси приводять до нестабільності й деградації електричних параметрів, до збільшення струмів витoku по поверхні й ін.

3 ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВИРОБІВ ТА СИСТЕМ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Під технічним станом виробів електрообладнання розуміють сукупність змінних конструктивних електричних, магнітних, механічних параметрів (наприклад, опір ізоляції, що визначає електричну міцність проводів обмоток генератора, стартера або електродвигуна).

Поточні значення конструктивних параметрів виробів тісно пов'язані з наробітком виробу або із тривалістю роботи виробу, вимірюваної одиницями пробігу в км, часом у годинах, числом циклів.

Наробіток на відмову виробів електрообладнання розрізняють:

- з початку експлуатації та до граничного стану;
- інтервальний наробіток у межах часу, пробігу, циклів.

Величини номінальних, граничних та гранично припустимих значень параметрів технічного стану виробів установлюються законами, державними стандартами, постановами уряду, нормативно-технічною документацією та конструкторською документацією.

Згодом під впливом процесів зношування та старіння деталі, що труться зношуються, кородують, зазнають пластичні деформації, старіють та ламаються.

Процес *зношування* відбувається під дією сил тертя, що залежать від матеріалу, якості обробки поверхні, змащення, навантаження, швидкості відносного переміщення робочих поверхонь, від теплового режиму місць сполучень.

Деталі виробів зазнають абразивне, корозійно-ерозійне, окисне, електроерозійне зношування.

Абразивне зношування зазнають вали моторедукторів склоочисників, валики розподільників та датчиків-розподільників, зчленування датчиків (важелі й гачки) і вказівних приладів, вали електростартерів і інших електродвигунів. Тверді частки, що сприяють абразивному зношуванню, попадають ззовні у вигляді пилу, піску, продуктів зношування тертьових деталей.

Електроерозійному зношуванню піддаються контакти переривників апаратів запалювання, звукових сигналів і

електромеханічних реле, центральний та боковий електроди свіч запалювання.

Втомлене зношування полягає в утворенні тріщин та ямок викрошування через циклічні навантаження, що викликають зміну твердої структури в крихку структуру металу або кераміки. Такий вид зношування зазнають зуби шестірні привода електростартера, місця посадки підшипників у кришці генераторних установок, осі приводних механізмів та редукторів, мембрани датчиків.

Заїдання або заклинювання в місці зчленування деталей може відбуватися в результаті глибинного виривання металу, переносу його з однієї поверхні на іншу та впливу нерівностей, що з'являються на сполученій поверхні. Ці процеси характерні для випадку відсутності змащення між тертьовими деталями або в результаті неправильного складання вузла. Найбільш часто такий процес відбувається в редукторах або на шліцах вала стартера та у черв'ячних зачепленнях.

Окисне зношування характерне для деталей, що працюють в агресивному середовищі (наприклад, гумові мембрани та ущільнення, деталі датчиків рівня палива й паливних електронасосів).

Пластичні деформації та руйнування пов'язані з перевищенням границь текучості або міцності матеріалу і є наслідком порушення правил експлуатації (наприклад, використання стартера для руху автомобіля, помилок конструювання або дорожньо-транспортної події).

Корозія відбувається під впливом вологи, агресивного середовища при відсутності або порушенні покриття на деталях виробів. Найбільш піддаються корозії металеві деталі світлотехнічних приладів (ободки фар, ліхтарів), корпуса свіч запалювання, металеві корпуси котушок запалювання, електростартерів. Особливо негативний вплив корозія виявляє на зварені з'єднання корпусних деталей.

Старіння – це зміна технічного стану деталей виробів під впливом зовнішнього середовища. Йому піддаються високовольтні деталі апаратів запалювання, пластмасові кришки та корпуси, тому що крім зовнішнього середовища на них впливає електричне поле великої напруженості. Старіння характерне й для виробів, що зберігаються на складах.

Електричний пробій та поверхневе перекриття виникають на забруднених високовольтних кришках апаратів запалювання й на ізоляторі свічі запалювання.

Короткі замикання характерні для місць руйнування ізоляції або просочення обмоток при впливі агресивного середовища й вібраційних навантажень.

Прогар відбувається в місцях неправильного з'єднання високовольтних проводів системи запалювання із клемми високовольтних свічкових наконечників кришок розподільника й котушки запалювання.

Виріб або система електроустаткування характеризуються станом *працездатності*, у якому виріб або система виконують задані функції з параметрами, значення яких відповідають конструкторської (КД) і нормативно-технічної (НТД) документації, станом *передвітказності*, коли параметри технічного стану досягають свого граничного стану й станом *відмови*.

Іноді стан працездатності заміняють поняттям *справність*, яке більш широко характеризує стан виробу або системи електрообладнання, при якому воно задовольняє всім вимогам КД і НТД документації.

Відмови виробів електроустаткування, які відбуваються в процесі експлуатації, класифікують як раптові, поступові, незалежні, повні, відмови, що перемежаються, конструкційні, виробничі та експлуатаційні. Відмови виробів електроустаткування та систем впливають на технічний стан транспортного засобу й ведуть до неможливості почати транспортний процес або до його припинення.

4 ОСНОВНІ ВІДМОВИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

До відмов виробів, які зустрічаються найбільш часто в процесі експлуатації, відносять наступні.

Раптова відмова характеризується стрибкоподібною зміною одного або декількох конструктивних параметрів через нагромадження несправностей та ушкоджень. Прикладом може служити відмова електростартера через поломку пружини безплунжерної роликів муфти вільного ходу. Пружина може поламатися в результаті перевантаження привода стартера. Електростартер може відмовити, якщо шестірня привода не виходить

із зачеплення з маховиком двигуна. Тоді відбувається рознос якоря стартера.

Поступова відмова пов'язана із плавною зміною одного або декількох параметрів виробу. Прикладом поступової відмови може служити корозія патрона лампи ліхтаря або оптичного елемента фари, у результаті цього яскравість поступово зменшується, у тому числі через збільшення перехідного опору між цоколем лампи та патроном.

Незалежна відмова елемента виробу або системи не обумовлена ушкодженнями та відмовами інших елементів. До таких відмов можна віднести відмови механічного характеру — саморозбір привода електростартера через порушення технології складання й ін.

Залежна відмова обумовлена ушкодженнями та відмовами окремих елементів виробу. Наприклад, при тепловому пробіі $p-n$ переходу вихідного транзистора комутатора безконтактної системи запалювання, що може бути пов'язане з розміщенням комутатора в теплонапруженому місці подкапотного простору. Перехід $p-n$ вихідного транзистора може пробиватися при роботі котушки запалювання на відкритий ланцюг (коли центральний провід вискочив із гнізда кришки розподільника).

Повна відмова – відмова, після якої виріб використовувати за призначенням неможливо або можливо, але при цьому значення одного або декількох конструктивних параметрів перебувають поза припустимими межами, тобто працездатність виробу знижена. До таких відмов можна віднести пробій діода додаткового плеча випрямляча генераторної установки, коли різко зменшується вихідні напруга й струм генератора.

Перемежована відмова виникає, самоусувається та є однаковою за своїм характером. Цей тип відмов характерний для електронних блоків керування й може бути обумовлений «холодною» пайкою, неправильно обраним компаундом або гелем, нераціональним відводом тепла від потужних транзисторів або діодів.

Конструкційні відмови пов'язані з помилками при конструюванні або із застосуванням недосконалих існуючих методів конструювання, а також з неправильно обраними комплектуючими виробами. Прикладом можуть служити поломки елементів, що кріплять конструкцію через збіг резонансних частот місця кріплення та виробу.

Виробнича відмова пов'язана з порушеннями технології виробництва та використанням устаткування, яке не забезпечує необхідної точності виготовлення деталей. Ці відмови мають різні причини, і виявити їх досить складно.

Експлуатаційна відмова відбувається внаслідок порушень правил експлуатації або через непередбачувані зовнішні впливи.

За наробіток транспортного засобу пробігу в 200 — 300 тис. км із усіх відмов агрегатів на виробі електроустаткування доводиться приблизно 10...12 % від усіх відмов. Середня трудомісткість усунення однієї відмови становить 0,5...0,7 люд·год, витрати на запасні частини до 6...7 % від вартості всіх запасних частин автомобіля.

Розглянемо основні відмови виробів та систем з урахуванням можливості їх діагностування, яке дозволяє в процесі ТО виявити наближення моменту граничного стану виробу або компоненту.

Основними відмовами *системи електропостачання* є:

- обриви в обмотках збудження генераторної установки через неякісну пайку в місцях з'єднань обмотки з контактними кільцями або в статорних обмотках через неякісне зачищення від ізоляції проводів, що йдуть до виводів;
- зношування контактних кілець та щіток ближче до кінця експлуатації або при експлуатації транспорту в запиленій місцевості;
- міжвиткові замикання обмоток статора та замикання обмотки на залізо статора через неякісну міжпазову ізоляцію або наприкінці ресурсу генератора при порушенні зварювання пакета статора (пластини статора зміщаються між собою) або при порушенні технології нанесення ізоляції на лобові частини статора;
- пробій або обрив діодів випрямного блоку внаслідок перенапруг у бортовій мережі або при порушенні технології виробництва діодів. Наприклад, при комплектації автомобілів апаратурою впорскування палива з електронним керуванням переривання струму в обмотці електромагнітної форсунки збуджує в бортовій мережі «екстраструми» короткої тривалості. Ці імпульси струму «проколюють» р-п перехід діода й поступово діод виходить із ладу;
- поломки щіткотримача;
- ослаблення, надмірний натяг або обрив приводного ремня;
- зношування посадкового місця під підшипник у кришці генератора з боку привода;

До основних відмов *регулятора напруги* відносяться пробої напівпровідникових приладів, відхилення рівня регульованої напруги від норми 13,7...14,2 В, порушення герметичності корпусу та тріщини кристалів напівпровідникових елементів.

Відмови генераторних установок визначають за осцилограмами вихідної напруги за допомогою мотор-тестера.

Основними відмовами *аккумуляторних батарей* є:

- прискорене зношування батареї, пов'язане з перезарядом або недозарядом через несправність регулятора напруги. Перезаряд приводить до прискореної втрати води й корозії позитивних струмовідводів-грат батареї, при цьому можуть оголюватися верхні крайки пластин і сепараторів. Це може привести до вибуху батареї. При недозаряді працездатність АКБ поступово погіршується через прискорене оплавлення активної маси, що при негативних температурах приводить до замерзання електроліту й руйнуванню корпусу АКБ;

- саморозряд через старіння батареї. При зарядах та розрядах, що чергуються, які постійно відбуваються в процесі роботи АКБ, позитивна активна маса поступово оплавляється і її кількість, що бере участь у хімічній реакції, зменшується;

- окиснення полюсних виводів, що може привести до розриву ланцюга між акумулятором і бортовою мережею. У цьому випадку електростартер не запускає двигун внутрішнього згоряння. Діагностують АКБ за допомогою мультиметра, у якому одночасно сполучені вольтметр, амперметр, вимірювальний міст ємностей, індуктивностей і опорів або акумуляторними пробниками.

У процесі експлуатації відбуваються наступні відмови *електростартера*:

- пробуксовка муфти вільного ходу привода;
- зношування або заклинювання шестірні привода в шлицевом з'єднанні з валом;
- рознос колектора та якоря, що найбільш характерно для стартерів із вбудованим редуктором або у випадках заклинювання шестірні привода в зубах маховика двигуна;
- порушення регулювання привода, що не дозволяє при включеному стартері шестірні привода увійти в зачеплення з маховиком двигуна;

- окиснення клеми тягового реле або обрив утримуючої обмотки реле;
- окиснення або забруднення колектора якоря;
- зависання щіток у щіткотримачі через його деформацію або забруднення;
- замикання обмотки збудження на корпус стартера;
- заклинювання якоря стартера в корпусі через рознос;
- короткі замикання в обмотках реле або якорі стартера.

Параметрами діагностування стартера можуть служити сила струму та частота обертання вала стартера в режимі холостого ходу.

На *систему запалювання* доводиться приблизно 10...12 % усіх відмов електрообладнання, і в 80 % випадків ці відмови є причиною підвищених витрат палива (на 5...6 %) і зниження потужності двигуна, а також динамічних якостей автомобіля.

Характерними відмовами *системи запалювання* є:

- відсутність високої напруги на свічах запалювання завдяки пробою ізоляції проводів високої напруги; утворенню нагару на тепловому конусі свічі запалювання, а також завдяки перекриттю ізолятора свічі; обривів у первинному ланцюзі внаслідок заїдання важільця переривника класичної або контактно-транзисторної системи запалювання й подгара контактів; пробою або зависанню центрального вугілля високовольтної кришки розподільника; обриву первинної обмотки котушки запалювання й пробою вихідного транзистора комутатора;
- утруднений запуск двигуна або робота його з перебоями через: утворення нагару на свічах запалювання; зношування деталей переривного механізму та розподільника (металокерамічних підшипників і деталей відцентрового регулятора кута випередження запалювання); порушення зазору між контактами переривного механізму; утворення перекриттів по ділянках забрудненої поверхні високовольтної кришки розподільника; міжвиткових замикань в обмотках котушки запалювання, пробою високовольтної кришки розподільника;
- зупинка двигуна після вимикання електростартера через згоряння додаткового резистора в безконтактній або контактно-транзисторній системах запалювання.

До діагностичних параметрів системи запалювання можна віднести форму протікання розрядного процесу на свічах запалювання

(рис. 4.1) або первинної напруги котушки запалювання, визначених за допомогою осцилографа або мотор-тестера.

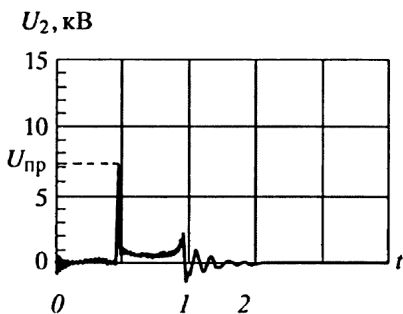


Рисунок 4.1 – Осцилограмма вторинної напруги системи запалювання:
 U_p – пробивна напруга на свічі запалювання; 0 – 1 – тривалість іскрового розряду; 1– 2 – загасання перехідного електромагнітного процесу в котушці запалювання

До найбільш часто виникаючих відмов *електронних систем керування бензиновими двигунами* відносяться:

- окиснення контактів роз'ємів через влучення на них охолодної рідини, масла або бензину;
- обрив проводів або відсутність з'єднання між датчиком і електронним блоком (до 35 % відмов);
- заклинювання якоря, зависання щіток або обрив в обмотці електробензонасоса (до 22 % відмов);
- пробіи або обриви в обмотці електромагнітної форсунки (до 9 % відмов);
- відмова кисневого датчика (до 7 % відмов);
- припинення функціонування датчиків або реле керування (датчика детонації, датчика температури повітря або охолодної рідини, реле включення паливного насоса);
- пробій вихідного транзистора системи запалювання (моноблока) до 3 % випадків.

В електронних системах керування широко застосовується вбудована система діагностування, яка заносить в пам'ять електронного блоку відхилення робочих параметрів системи і її компонентів у вигляді кодованого сигналу. При цьому на щитку

приладів загоряється діагностична лампа з написом «Check engine» або переривчастий сигнал індикатору з рисунком двигуна. Наприклад, при замиканні двох клем діагностичного роз'єму він показує наступні коди:

12 – «режим самодіагностування» або «система повністю справна» при відсутності інших кодів;

13 – «відсутній сигнал датчика кисню»;

14 – «високий сигнал температури двигуна» і т.д.

Електронна система керування дизельним двигуном також має відмови, в основному пов'язані з порушенням ланцюгів у проводці системи від датчиків до електронного блоку, датчиків і виконавчих реле. Вбудована система діагностування інформує водія про наявність відмов за допомогою сигнальної лампи або індикатору.

Відмови *антиблокувальної системи гальм* аналогічні розглянутим вище та аналізуються за допомогою мотор-тестерів, сканерів і спеціалізованих або універсальних тестерів, у яких є «картриджі» з тестовими програмами перевірки працездатності відповідного електронного блоку та датчиків електронної системи. Розширюється застосування персональних комп'ютерів з уніфікованим інтерфейсом для діагностування різних електронних систем керування.

До відмов *електрофакельних обладнань дизельних двигунів* відносять:

- перегорання спіралі свічі накаливання;
- згоряння обмотки керуючого реле;
- збої в роботі електронного блоку керування – електронного реле (у легкових автомобілів);
- окиснення клем роз'ємів з'єднувачів;
- обриви обмотки керуючого реле або в проводці електрофакельної системи.

Інформаційні системи (у тому числі контрольно-вимірювальні прилади) у процесі експлуатації мають відмови, пов'язані з порушеннями контактів у сполучних роз'ємах або в клемах з'єднань через: корозії, ослаблення пружинних контактів та обривів ланцюгів, згоряння запобіжників та перемичок. Крім цих відмов виникають коливання стрілок вказівних приладів через зношування кінців гнучкого вала приводу спідометра, виходу з ладу механізму демпфірування стрілки та відмови датчиків.

В електронних контрольно-вимірювальних приладах та електронних щитків приладів найбільш характерними відмовами є:

- вихід з ладу виробів електронної техніки (дисплея, мікросхеми керування, конденсаторів, транзисторів і діодів) при порушеннях правил експлуатації або при аномальних режимах роботи генераторної установки;
- ослаблення контактів у роз'ємах.

Комутаційній апаратурі (блоки запобіжників та реле, блоки запобіжників, електронні та електромеханічні реле) притаманні відмови із пробоем або обривом обмоток, згорянням контактів реле, виходом з ладу виробів електронної техніки та порушенням контактів у штекерних з'єднувачах.

В *електроприводних механізмах* (моторедуктори, склоочисники, електровентилятори) основні відмови пов'язані з:

- пробоем або обривом обмоток якоря;
- короткими замиканнями в обмотках через перевантаження в результаті заклинювання або заїдання шестірні та черв'яка редуктора при відсутності, висиханні змащення;
- зависанням та зношуванням щіток і колектора;
- зношуванням підшипників;
- поломкою місць кріплення механізму до корпусу транспортної машини.

Вироби *світлотехніки, світлової та звукової сигналізації* мають у процесі експлуатації наступні відмови:

- світлотехнічні та світлосигнальні прилади не світять через несправність вмикача або перемикача;
- перегорання запобіжників у ланцюгах живлення через короткі замикання;
- перегорання ниток ламп розжарювання через перевищення регульованої напруги генераторної установки;
- слабе горіння ниток ламп через низьку регульовану напругу генераторної установки або більших спадань напруги між патроном і цоколем лампи в результаті корозії та влучення вологи й бруда;
- порушення освітленості дорожнього полотна через корозію оптичного елемента або порушення регулювання фар при неправильному завантаженні автомобіля та неправильному тиску в шинах;

- відсутність звучання звукового сигналу через окиснення контактів переривного механізму, регулювання зазору або обриву обмотки;
- деренчливе звучання сигналу внаслідок дефектів мембрани, руйнування ізоляційних шайб висновків або ослаблення кріплення сигналу.

Генераторним установкам (електродвигунам) притаманні відмови, пов'язані з появою підвищеного шуму через зношування підшипникових вузлів, нерівномірного зношування ламелей колектора та ослаблення кріплення виробів у місцях їх установки на двигун або шасі.

Розглянуті відмови виробів та систем електрообладнання впливають на працездатність транспортних машин, на їхню технічну готовність та в остаточному підсумку на економічні показники процесу експлуатації.

5 ВПЛИВ ЗМІНИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Основними цілями ефективності технічної експлуатації виробів електрообладнання є:

- забезпечення необхідного рівня їх працездатності для реалізації надійної роботи транспорту;
- скорочення витрат на забезпечення працездатності виробів і систем електрообладнання;
- підвищення продуктивності праці при проведенні технічного обслуговування та ремонту;
- скорочення негативного впливу на населення та навколишнє середовище.

По даним експлуатації витрати на ремонт та технічне обслуговування автомобілів становлять 22...26% собівартості перевезення вантажів, а рівень організації та якості технічної експлуатації визначають вплив на витрати, пов'язані з витратами на експлуатаційні матеріали. Приблизно 45...50% собівартості перевезень вантажів прямо або побічно залежить від якості та ефективності технічної експлуатації автомобіля.

На виробі електрообладнання припадає від 10% до 30% від усіх витрат при проведенні технічного обслуговування та ремонту для підтримки транспортного засобу в стані технічної готовності. Під цим розуміють узагальнений показник роботи інженерно-технічної служби по забезпеченню працездатності транспортного засобу.

Коефіцієнт технічної готовності машини прямо пов'язаний з показниками надійності, тобто наробітком на відмову виробу та простоем транспортного засобу. Технічна готовність залежить від нормативів технічного обслуговування, ремонту та витрати запасних частин.

На нормативи технічної експлуатації (ТО, ремонту та витрати запасних частин) впливають умови експлуатації (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Коефіцієнт коректування нормативів залежно від категорії експлуатації автомобіля

Категорія експлуатації	Норматив			
	Періодичність	Питома працесмність	Ресурс до капітального ремонту	Кількість запасних частин
II	0,9	1,1	0,9	1,1
III	0,8	1,2	0,8	1,25
IV	0,7	1,4	0,7	1,4
V	0,6	1,5	0,6	1,65

Примітка. Для I категорії експлуатації всі нормативи прийняті за одиницю.

На техніко-економічні показники експлуатації дуже впливає попереджувальний ремонт або заміна деяких виробів електроустаткування (наприклад, заміна після пробігу автомобіля 50,0...80,0 тис. км кисневого датчика системи нейтралізації відхідних газів, заміна електроламп у виробках світлотехніки або свіч запалювання).

Від якості роботи служб технічної експлуатації залежить забруднення навколишнього середовища через недостатньо задовільний технічний стан системи запалювання, елементів та виробів, особливо при порушеннях правил експлуатації.

Безпека дорожнього руху залежить від роботи технічних служб, що особливо важливо в умовах зростаючої інтенсивності дорожнього руху. Безпеку дорожнього руху визначають: правильність регулювання фар, робота показчиків повороту та аварійної сигналізації, правильність показань спідометра.

Від технічних служб залежить ефективність проведення технічного обслуговування та ремонту, тому що правильна організація їх визначає надійність ремонтуваних виробів електрообладнання.

Таким чином, умови експлуатації, ефективність проведення ТО та ремонту, якість роботи технічних служб експлуатації впливають на техніко-економічні показники транспортних засобів, на екологічну та дорожню безпеку.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. По яких принципах класифікують системи електрообладнання?
2. Класифікація систем електрообладнання.
3. Які вироби та системи електрообладнання впливають на технічний стан транспортних машин?
4. Що означає технічна експлуатація виробів електрообладнання?
5. Класифікація відмов виробів в експлуатації та назвати характерні відмови.
6. Причини зміни технічного стану виробів.
7. При яких відмовах виробів експлуатація автомобілів заборонена?
8. Основні відмови виробів, що викликають забруднення навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина II) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха–Тернопіль: ТНТУ, 2016. –163с. – Режим доступу: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/18171/1/EEOA_Lect_%D0%86%D0%86%D0%86I_FullText.pdf
2. Сажко В.А. Електричне обладнання автомобілів і тракторів: Підручник. – К.: Каравела, 2009. – 400 с. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Sazhko_2009.pdf
3. Електричне обладнання автомобілів: Навчальний посібник для самостійного вивчення дисципліни. Ч.І/С.А. Мартиненко – Лозова: ЛФ ХАДТ, 2016. – 90с. – Режим доступу: <https://s05b59766c9b6c2ba.jimcontent.com/download/version/1521704597/module/14818138922/name/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%A1%D0%92%D0%94%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D0%B4%D0%BD%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%BE%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D0%B2%202016.pdf>