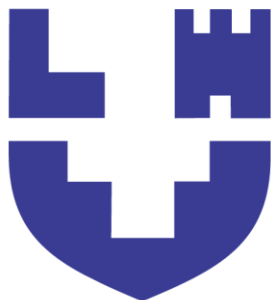


Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет



ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ

методичні вказівки до самостійної роботи
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Автомобільна електроніка»
галузі знань 17 (G5) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
спеціальності 171 Електроніка
(Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка)
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 621.3(07)

T-38

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ
Директор бібліотеки ЛНТУ імені Віктора БОЖИДАРНИКА
_____ Наталія ПОЛІЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету комп'ютерних та інформаційних технологій ЛНТУ, протокол №__ від «__» _____2026 року.
Голова вченої ради ФКІТ _____ Інна КОНДІУС

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ, протокол №__ від «__» _____2026 року.

Завідувач _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ, к.т.н., доцент кафедри
кафедри (підпис) електроніки та телекомунікацій ЛНТУ
ЕіТК

Укладачі: _____ Віктор ЛИШУК, к.т.н., доцент кафедри
(підпис) електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Рецензент: _____ Віталій ГРАБОВЕЦЬ, к.т.н., доцент кафедри
(підпис) автомобілів і транспортних технологій ЛНТУ

Відповідальний Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ, к.т.н., завідувач кафедри
за випуск: _____ електроніки та телекомунікацій ЛНТУ
(підпис)

T-38 Технічне обслуговування електронних систем автомобілів. Методичні вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G5) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. В. В. Лишук, Луцьк: ЛНТУ, 2026. 72 с.

Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Технічне обслуговування електронних систем автомобілів» містить комплекс тем для розширення необхідних теоретичних знань в області технічного обслуговування електронних систем автомобіля. Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G5) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання.

В.В. Лишук, 2026

Зміст

Вступ.....	4
Тема 1. Поняття про систему ТО автомобілів.....	5
Тема 2. Технологія ТО в автотранспортних підприємствах	8
Тема 3. Визначення періодичності ТО автомобілів.....	11
Тема 4. Трудомісткість ТО.....	14
Тема 5. Застосування математичних методів і моделей при організації ТО	18
Тема 6. Класифікація випадкових процесів при ТО.....	21
Тема №7. Обслуговування систем електронного керування агрегатами автомобіля.....	25
Тема 8. Технічне обслуговування АКБ АТЗ з двигунами внутрішнього згорання та електромобілів з тяговими акумуляторними батареями (ТАБ)	38
Тема 9. ТО системи запалювання, генератора, реле-регулятора і стартера.....	42
Тема 10. Електричні схеми автомобілів. ТО приладів освітлення і контрольно-вимірювальних приладів.....	48
Тема 11. Зарядні станції для електромобілів та їх обслуговування.....	53
Тема 12. Обладнання для проведення діагностичних робіт.....	60
Список використаної літератури.....	70

ВСТУП

Технічний стан автомобіля визначається не тільки якістю його конструкції та виготовлення, але і дорожніми, транспортними, атмосферними та кліматичними умовами, а також культурою експлуатації та обслуговування.

Залежно від зміни умов та початкових показників автомобіля його працездатність та пробіг до граничного стани варіюються в широких межах. Тому підвищення експлуатаційної надійності автомобілів, зниження витрат на технічне обслуговування та ремонт, забезпечення безпеки дорожнього руху можливе тільки при своєчасному та об'єктивному визначенні технічного стану різних вузлів, агрегатів та систем автомобіля шляхом їх діагностування.

Щодо завдань, які вирішуються в процесі технічної експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу під діагностуванням розуміють визначення технічного стану даного механізму або даної системи без їх розбирання та формування висновку про потребу в ремонті (профілактиці), здатному забезпечити справність автомобіля в межах заданого міжконтрольного пробігу, а також управління технологічними процесами обслуговування та ремонту автомобілів.

При впровадженні діагностування у технологічний процес технічного обслуговування спостерігається зниження витрат на поточний ремонт на 8...12 %, скорочення витрати запасних частин на 10...12 %, палива – на 2...5 % та підвищення коефіцієнту технічної готовності на 3...5 %.

До позитивних особливостей діагностики відносяться: об'єктивність та достовірність оцінки технічного стану складних агрегатів та механізмів автомобіля; можливість визначення параметрів їх ефективності; наявність умов для оперативного керування технічним станом автомобілів шляхом оптимізації режимів контролю та виявлення індивідуальної потреби у ремонті та профілактиці.

Необхідність впровадження технічного обслуговування та технічної діагностики автомобілів у практику роботи автотранспортних підприємств зумовлена, з одного боку, прагненням зменшення матеріальні витрати у сфері їх технічної експлуатації, з іншого – можливістю індивідуального управління технічним станом автомобілів за допомогою технічного обслуговування та діагностичної техніки.

ТЕМА 1 ПОНЯТТЯ ПРО СИСТЕМУ ТО АВТОМОБІЛІВ

При розгляді перспектив удосконалення систем ТО та ремонту треба обов'язково враховувати плановість і необхідність інтенсифікації розвитку економіки країни, досягнення НТП, що забезпечують розробку та реалізацію довгострокових вимог до надійності автомобілів та розвитку технічної експлуатації, заснованих на інтересах народного господарства в цілому.

Необхідність і доцільність удосконалення та розвитку принципів планово-попереджувальної системи, що полягають у поглибленні попереджувальної стратегії, полягає у підвищенні економічності автомобілів, продуктивності праці персоналу ІТС, у вдосконаленні заходів щодо захисту навколишнього середовища.

Темпи поповнення, списання та оновлення парку автомобілів створюють досить стабільний і стійкий його склад, що дає певний потік несправностей, який є першоджерелом формування системи ТО та ремонту та відповідної програми робіт. На початку 2000-х років. вироблені в даний час і модернізовані на їх основі автомобілі складають у вантажному парку 66-80%; в автобусному 57 - 76 % і таксомоторному – понад 95%. Приблизно 12-15% вантажних автомобілів і 5-10% автобусів відповідають вимогам держстандартам, який укрупнено визначає основні нормативи на найближчі 10-15 років. Тому для цього періоду характерно збереження основних особливостей діючої планово-попереджувальної системи, яка буде вдосконалюватися головною освітою внаслідок підвищення експлуатаційної надійності автомобілів, а також в організаційно-технічному плані в результаті поступового укрупнення АТП, створення об'єднань, у тому числі регіональних і позавідомчих методів, кооперації матеріально-технічного постачання.

В результаті реалізації вимог щодо експлуатації та вдосконалення конструкції автомобілів у перспективі відбудеться поступове скорочення питомої ваги традиційних робіт ТО – мастильних, кріпильних, регульовальних – та збільшення їх періодичності. Більш широке застосування знайдуть попереджувальні заміни вузлів, агрегатів, що забезпечують підвищення безвідмовності, особливо в міжоглядові періоди.

Важливість економії паливно-енергетичних ресурсів та захисту навколишнього середовища посилить вимоги до технічного стану автомобілів і стимулюватиме ширше застосування комп'ютерних засобів керування робочими процесами двигуна та автомобіля, а також діагностичних засобів.

В даний час ведуться розробки та випробування найпростіших (на 10–20 параметрів) вбудованих (бортових) систем датчиків контролю технічного стану, заснованих на регулярному підключенні їх до стаціонарних діагностичних установок, що є на великих АТП, об'єднаннях і СТО.

Зазначені системи знайдуть застосування на автомобілях великої вантажопідйомності та автобусах великої місткості.

Підвищення довговічності кузовів, рам, кабін, застосування протикорозійних заходів при виробництві та експлуатації призведуть до припинення повнокомплектного капітального ремонту автомобілів. В результаті підвищення вимог до надійності автомобільного транспорту, його швидкості, місткості, вантажопідйомності зростають вимоги до всього персоналу ІТС автомобільного транспорту. Розвиток господарських відносин підвищив вимоги до складу та обґрунтованості нормативів ТЕА, включаючи систему ТО та ремонту.

Для легкових автомобілів індивідуального користування доцільна система ТО з одним основним його видом, порівнянним за періодичністю з середньорічним пробігом цих автомобілів, тобто 10-15 тис. км. Для вантажних та пасажирських автомобілів можливість створення такої системи визначається підвищенням надійності, а також удосконаленням технології та організації ТО та ремонту. На цьому етапі на основі інформації з надійності конкретних автомобілів та використання комп'ютерної техніки апробовано системи проектування нормативів ТО та ремонту (види ТО, періодичність, склад операцій), а також визначення раціонального моменту списання автомобілів, що дозволяють індивідуалізувати нормативи ТЕА.

Подальше вдосконалення системи ТО та ремонту визначається змінами конструкції автомобілів, вікового складу парку, умов експлуатації та інших факторів дерева систем ТЕ, які визначають потік вимог, що виникають при роботі автомобілів. Система ТО та ремонту повинна перетворити цей потік відповідно до поставлених перед нею цілей. Потік несправностей перетворюється (несправності усуваються або попереджаються) за допомогою впливів, передбачених системою ТО та ремонту.

При цьому межі між стратегіями розбивають впливи за цілями – підтримка працездатності (профілактична стратегія I) і відновлення втраченої працездатності (стратегія II). Економічні, технологічні, організаційні межі розбивають впливи за методами їх виконання. У результаті використання економічних та інших критеріїв стратегія I розбивається за двома напрямками – виконання ТО без попереднього контролю (1-1) та з попереднім контролем – діагностуванням (1-2).

Залежно від економічних умов, надійності виробів та поставлених цілей будь-яка з цих стратегій може бути раціональною, але стратегія 1-2 може вдосконалюватись і далі. У разі стратегії 1-2-1 використовуються стаціонарні діагностичні засоби. Основною умовою застосування цієї стратегії є: надійність та універсальність самих діагностичних засобів та зниження витрат на їх придбання та експлуатацію. При цьому можливі два варіанти розвитку стратегії 1-2-1: контроль працездатності, що виконується з певною (постійною або змінюваною) періодичністю та «коригуванням»

технічного стану за результатами цього контролю (1-2-1-1); контроль та прогноз працездатності (1-2-1-2), який дозволяє на наступному кроці або коригувати періодичність наступного контролю, або уточнити майбутній обсяг робіт.

Система вбудованих діагностичних засобів (1-2-2) може розвиватися в наступних основних напрямках: засоби, що сигналізують тими або іншими способами про рівень працездатності виробу (1-2-2-1), наприклад при відборі інформації про технічний стан з встановленою періодичністю, при сигналізації про досягнення даних . технічного стану тощо. Другим напрямом розвитку цієї стратегії є використання таких вбудованих діагностичних засобів, які дозволяють прогнозувати рівень працездатності (1-2-2-2).

Аналогічна зміна та вдосконалення можливі і для стратегії II . Проте технологічні цілі інші. Наприклад, контроль при відмові має на меті визначити причини відмови та уточнити характер (трудомісткість, вартість, тривалість) відновлювальних робіт.

Для автомобіля як сукупності агрегатів і систем застосовуються всі розглянуті варіанти стратегій, які не змінюють істоти планово-попереджувальної системи – отримання тими чи іншими способами попереджувальної інформації про стан виробу та проведення (або планування) робіт з підтримки гарантованої працездатності. На цьому етапі відбуватимуться концентрація збору, обробка та використання інформації щодо надійності та інших показників якості. Створення такого колективного банку, оперативний зв'язок з ним АТП розширять інформаційну базу, обмін досвідом при прийнятті рішень та вдосконаленні системи та організації ТО та ремонту. Створення централізованого інформаційного банку дозволить також більш економічно використовувати передову обчислювальну техніку, засоби зв'язку, спеціалістів.

Принципова зміна плано-попереджувальної системи можлива при наступному кроці, коли виробу (або його елементам) буде забезпечена підтримка працездатності методами резервування або самовідновлення в межах встановленого терміну служби.

Тут можливі два рішення: або використання «абсолютно надійних» виробів, імовірність відмови яких за заданий напрацювання ні щожно мала (резервування, підвищення міцності); або застосування інших принципів конструювання, що передбачають самовідновлення виробу. Найпростішими прикладами подібних систем, що функціонують протягом певної роботи, є саморегулюючі механізми, що застосовуються в сучасних автомобілях.

Контрольні питання

1. Що таке система технічного обслуговування автомобілів?
2. Яка основна мета технічного обслуговування?
3. Які завдання виконує система ТО?

4. Назвіть основні види технічного обслуговування.
5. У чому полягає різниця між ТО-1 і ТО-2?
6. Коли проводиться сезонне технічне обслуговування?
7. Що входить до щоденного обслуговування автомобіля?
8. Яке значення має діагностування технічного стану?
9. Від чого залежить періодичність проведення ТО?
10. Як система ТО впливає на безпеку дорожнього руху?
11. Які наслідки несвоєчасного проведення технічного обслуговування?
12. Які документи ведуться при організації ТО на підприємстві?

ТЕМА 2 ТЕХНОЛОГІЯ ТО В АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Автомобіль є системою, що складається з кількох підсистем – агрегатів, механізмів, які називають елементами. Сучасний автомобіль середнього класу складається з 1200 – 16 тис. деталей, у тому числі 7–9 тис. втрачають своє початкову властивість під час роботи. Причому близько 2–3 тис. деталей мають термін служби менший за автомобіль і є об'єктом уваги ТО. З них 200–300 деталей, «критичних» за надійністю, найчастіше вимагають заміни, викликають найбільш простий автомобіль, трудові та матеріальні витрати в експлуатації.

Технічний стан автомобіля або агрегату характеризується поточним значенням конструктивних параметрів (Y_1, Y_2, \dots, Y_n). Наприклад, для двигуна це розміри деталей ЦПГ та КШМ, для гальмівних механізмів – розміри гальмівних накладок та барабанів тощо. При визначенні технічного стану користуються непрямими величинами або так званими діагностичними параметрами ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$), які пов'язані з конструктивними параметрами і дають про них достатню *інформацію*. Наприклад, про технічний стан двигуна можна судити щодо зміни його потужності, витрати масла, прориву газу в картер, вмісту продуктів зносу в олії і т.д.

У міру роботи автомобіля конструктивні параметри змінюються від початкових чи номінальних значень Y_H до гранично допустимих Y_D , що зумовлює відповідну зміну та діагностичних параметрів від S_H до S_D . Наприклад, при роботі гальмівних механізмів в результаті зношування гальмівних накладок і барабанів відбувається збільшення зазору між накладками і барабанами гальмівними Y , що викликає зростання гальмівного шляху S_T . Гранично допустимий S_T регламентується ТУ. L_{P1}, L_{P2}, L_{P3} – пробіг автомобіля, при якому зазор і гальмівний шлях досягають гранично допустимого значення.

Тривалість роботи виробу повністю (км/год) або іншої одиниці називається *напрацюванням*. Напрацювання виробу до граничного стану, обумовленого технічною документацією, називається *ресурсом*. Стан виробу, при якому він здатний виконувати задані функції з параметрами, встановленими технічною документацією, називається працездатністю. Якщо продовжувати експлуатувати автомобіль поза L_{P1} наприклад до L_{Pi} , то настає відмова, тобто відбувається порушення працездатності, що веде до припинення транспортного процесу. На рисунку 2.1 представлена залежність технічного стану від пробігу автомобіля.

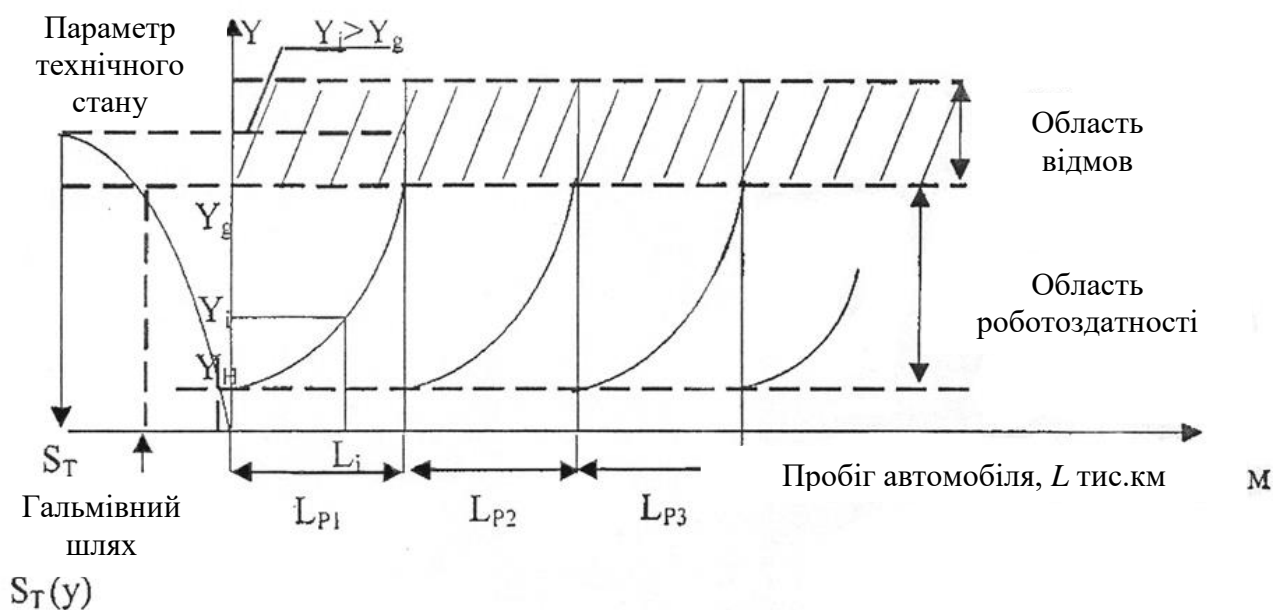


Рисунок 2.1 – Вплив умов експлуатації на надійність автомобіля

Інтенсивність зміни параметрів технічного стану автомобіля багато в чому визначається зовнішніми умовами експлуатації, що впливають на режим роботи деталей, вузлів та механізмів автомобіля, прискорюючи або уповільнюючи інтенсивність зміни параметрів технічного стану.

При експлуатації автомобіля зазвичай розрізняють:

- дорожні умови та умови руху;
- транспортні умови та інтенсивність використання та ін;
- природно-кліматичні та сезонні умови.

Дорожні умови характеризуються технічною категорією дороги (їх п'ять), що відрізняються шириною дороги, типом покриття, величиною підйомів та спусків, радіусами заокруглення. Наприклад, середньотехнічна швидкість ЗІЛ-130 на цементно-бетонному покритті дорівнює 66 км/ч, а на природних ґрунтових дорогах – 20 км/год, перемикання передач 1 км буде відповідно 0,52 і 3,20. Тому тип покриття дороги істотно впливає на режим

роботи автомобіля та його агрегатів, а режим роботи впливають на надійність автомобіля.

Транспортні умови або умови перевезень характеризуються довжиною їздки з вантажем l_r , коефіцієнтом використання пробігу β , коефіцієнтом використання вантажопідйомності γ , коефіцієнтом використання причепів і родом вантажу, що *перевозиться*.

Слід враховувати, що впливи дорожніх, транспортних умов руху переплітаються і враховуються з допомогою поняття «категорія умов експлуатації». Природно-кліматичні та сезонні умови характеризуються температурою навколишнього повітря, вологістю, вітровим навантаженням, рівнем радіації та іншими параметрами. Дані умови впливають на теплові та ін режими роботи агрегатів, які в свою чергу впливають на надійність агрегатів. Так, пуск двигуна при $t = -50\text{ }^\circ\text{C}$ відповідає за величиною зносу еквівалентному пробігу за нормальних температурних умов 2,5–3 км, при $t = 0\text{ }^\circ\text{C}$ – 6–7 км, а за $t = -20\text{--}25\text{ }^\circ\text{C}$ – 14–18 км. На рисунку 2.2 представлена діаграма залежності швидкості зношування від температури рідини, що охолоджує.

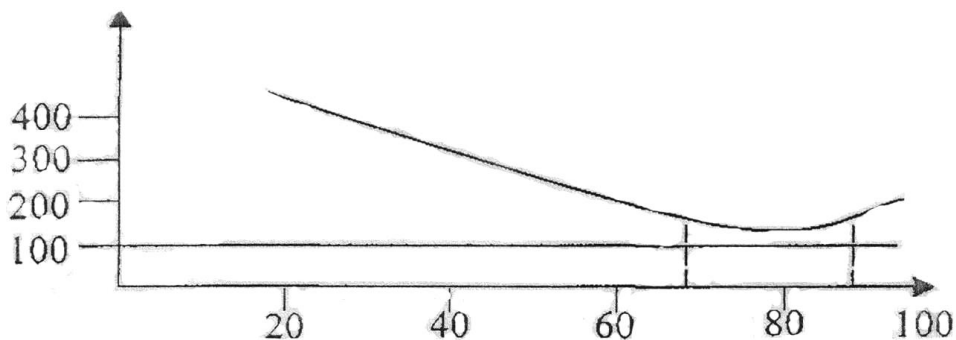


Рисунок 2.2 – Діаграма залежності швидкості зношування від температури рідини

Додаткові параметри – пил, волога, бруд, зношування фрикційних накладок гальм МАЗ-5549 – протягом зими прийняти за 100%, влітку – 130–160%, навесні – 260–240%, восени – 220–320%.

Крім умов експлуатації, на інтенсивність зміни параметрів технічного стану та надійність автомобіля впливають кваліфікація персоналу, якість запасних частин та ін.

Контрольні питання

1. Що розуміють під технологією технічного обслуговування в АТП?
2. Які основні етапи технологічного процесу ТО?
3. З якою метою проводиться діагностування перед виконанням ТО?
4. Які виробничі зони передбачені в автотранспортному підприємстві?

5. Що таке технологічна карта ТО і яке її призначення?
6. Які методи організації ТО застосовуються в АТП?
7. У чому полягає різниця між потоковим і постовим методом обслуговування?
8. Які вимоги висуваються до робочих постів технічного обслуговування?
9. Як здійснюється контроль якості виконаних робіт?
10. Яку документацію ведуть під час проведення ТО?

ТЕМА 3 ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ ТО АВТОМОБІЛІВ

У процесі відбувається погіршення технічного стану автомобіля та її якостей, які можуть призвести до часткової чи повної втрати працездатності, тобто. несправності чи відмові. Існує два напрями забезпечення працездатності, які в реальній експлуатації застосовуються або в чистому вигляді або в певній комбінації:

- 1) напрямок підтримки працездатності автомобіля називається ТО;
- 2) напрям відновлення працездатності називається ремонтом.

Основна мета ТО полягає у попередженні та віддаленні моменту досягнення виробом граничного стану. Ця мета досягається, по-перше, попередженням виникнення відмов за рахунок попереджувального контролю та доведення параметрів технічного стану до номінальних або близьких до них. Якщо в прикладі, що розглядається, з гальмівними механізмами при напрацюванні, дещо меншого ресурсу, тобто $L_i < L_{pl}$, Виконати запобіжний контроль, а потім регулювання гальмівного механізму, що полягає в зменшенні зазору до номінального, відмови не відбудеться, тобто він буде попереджений. Саме тому ТО є запобіжним заходом.

За подібною схемою проводиться ТО більшості регульованих механізмів (гальма, зчеплення, прилади електрообладнання, клапанний механізм двигуна та ін), а також кріпильних з'єднань, у яких спостерігається ослаблення передньої затяжки внаслідок дії циклічних навантажень та появи залишкових деформацій; ємностей (КПП, картер двигуна та ін.), що вимагають підтримки рівнів олії та рідин.

Другий типовий прийом ТО – це віддалення моменту досягнення граничного стану безпосередньо через вплив на інтенсивність зміни параметра технічного стану вузла, механізму, з'єднання, своєчасне мастило та заміна олії. Наприклад, шкворневе з'єднання передньої підвіски автомобіля, як і колоїв, ряд інших з'єднань вимагає регулярного мастила, т.к. при роботі мастильний матеріал забруднюється механічними домішками і втрачає свої протизносні властивості, а частина мастила видавлюється із

зазору. Ресурс шкворня автомобіля тим більше, чим частіше проводиться його мастило.

Значення та кількісна характеристика закономірностей зміни параметра технічного стану вузлів, агрегатів та автомобіля в цілому дозволяє керувати працездатністю та технічним станом автомобіля в процесі експлуатації. Необхідність підтримки високого рівня працездатності вимагає, щоб більшість відмов і несправностей було попереджено, т. е. працездатність виробу було відновлено до настання відмови чи несправності.

Попередження відмов та несправностей вимагає регламентації ТО, тобто регулярного за планом виконання певних операцій ТО із встановленою періодичністю та трудомісткістю. Перелік виконуваних операцій, їх періодичність та трудомісткість загалом становлять режим ТО. У нашій країні ТО та Р автомобіля с 1943 г. виробляється на плановій основі, що є *системою ТО і Р*, яка складається з комплексу взаємозалежних положень і норм, що визначають порядок проведення робіт з ТО та ремонту з метою забезпечення заданих показників якості автомобіля. ТО носить попереджувальний, профілактичний характер і виконується регулярно після певного напрацювання (пробігу) автомобіля.

Принципові основи організації та нормативи ТО і Р регламентуються в нашій країні «Положенням», яке є результатом, по-перше, наукових досліджень, що проводяться в галузі ТЕА, по-друге, досвіду передових АТП, по-третє, роботи, що проводиться автомобільною промисловістю з підвищення якості автомобілів.

Принциповою основою побудови системи ТО та Р є:

- 1) мета, яка поставлена перед автомобільним транспортом та ТЕА;
- 2) умови експлуатації автомобілів;
- 3) рівень надійності та якості автомобілів;
- 4) організаційно-технічні обмеження.

ТО включає у собі 8 –10 видів робіт (мастильні, кріпильні, регульовальні, контрольні, діагностичні та інших) і більше 150–280 контрольних об'єктів обслуговування, тобто агрегатів, механізмів, деталей, які потребують попереджувальних впливів.

Кожен вузол, агрегат, з'єднання може мати оптимальну періодичність ТО. Якщо слідувати цим періодичності, то автомобіль в цілому практично безперервно повинен перебувати на ТО кожного з'єднання, вузла, що викличе великі складнощі з організацією робіт та додаткові втрати робочого часу, особливо на підготовчих операціях. Тому після виділення з усієї сукупності впливів тих, які повинні виконуватися при ТО та певної оптимальної періодичності кожної операції, проводять угруповання операцій у вигляді ТО. Це дає змогу зменшити кількість угруповань

операцій, що неминуче пов'язані з відхиленням періодичності ТО окремих операцій.

Використовуючи техніко-економічний чи економіко-імовірнісний методи, можна визначити доцільність виконання даної операції не з оптимальною для неї, а із заданою періодичністю. Проведені дослідження показали: найбільший приріст ефективності спостерігається при переході від стратегії усунення відмов за потребою до попереджувальної стратегії з двома-трьома видами ТО. При цьому сумарні витрати на запобігання та усунення відмов та несправностей скорочуються на 30–40%.

При збільшенні числа видів ТО у системі понад 4–5 безпосередні витрати на ТО та Р практично стабілізуються, а додаткові витрати, пов'язані з плануванням та постановкою автомобіля на ТО, зростають. Діюча в нашій країні система ТО передбачає такі види ТО, що відрізняються за періодичністю, переліком та трудомісткістю виконуваних робіт: ЩО, ТО-1, ТО-2, СО.

Призначення ЩО: загальний контроль, спрямований на щоденне забезпечення безпеки руху, підтримання належного зовнішнього вигляду автомобіля, заправка паливом, олією та охолоджувальною рідиною, а також санітарна обробка кузова деяких автомобілів. ЕО виконується після роботи рухомого складу та перед виїздом на лінію.

Призначенням ТО-1 і ТО-2: зниження інтенсивності зміни параметричного стану автомобіля, виявлення та попередження відмов та несправностей шляхом своєчасного виконання контрольно-діагностичних, мастильних, кріпильних, регулювальних та інших робіт.

Призначення СО, що проводиться двічі на рік : підготовка складу до експлуатації при зміні сезону (пори року). В умовах спекотного клімату СО є самостійним видом і проводиться 1 раз на рік. За інших умов СО поєднується з черговим ТО-2, зі збільшенням трудомісткості проти трудомісткістю ТО-2 (від 20–50%). У діючій системі ТО і Р для ТО регламентуються періодичність, трудомісткість, а спеціальними нормами також витрати за видами ТО, питомі витрати (грн./1000 км пробігу) з підрозділом на заробітну плату та матеріали.

Контрольні питання

1. Що таке технічне обслуговування (ТО) автомобіля і які його основні цілі?
2. Чим відрізняються планове та позапланове ТО?
3. Які фактори впливають на частоту проведення ТО автомобіля?
4. Що таке періодичність ТО і за якими параметрами вона встановлюється (км пробігу, час, експлуатаційні умови)?
5. Як виробник автомобілів визначають нормативні інтервали між ТО?
6. У яких випадках рекомендовано скоротити інтервал ТО?

7. Які існують основні види ТО: щоденне, міжсервісне, середнє та капітальне?

8. Чим відрізняється ТО-1, ТО-2 та наступні цикли ТО?

9. Як часто проводяться додаткові перевірки електронних систем та безпеки автомобіля?

10. Як умови міської їзди, клімату та дорожніх покриттів впливають на періодичність ТО?

ТЕМА 4 ТРУДОМІСТКІСТЬ ТО

Виробнича програма підприємства – кількість послуг різних видів з технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів, що виконуються на підприємстві протягом запланованого періоду (року чи доби). *Річний обсяг робіт* – річна трудомісткість цих впливів.

Через війну технологічних розрахунків зазначених показників визначають необхідних організації робіт на виробничому ділянці чисельність робочих, кількість устаткування й робочих місць, обсяг виробничої площі і витрата виробничих ресурсів. Ці відомості використовують із розробки виробничих ділянок і зон, та був – виробничого корпусу, а дані про витрати виробничих ресурсів – до розрахунку економічної ефективності прийнятих технічних рішень.

Система технічної експлуатації автомобілів, наведена в ТКП 248-2010 «Технічний кодекс ustalеної практики. Технічне обслуговування та ремонт автомобільних транспортних засобів. Норми та правила проведення» передбачає такі види ремонтно-обслуговуючих впливів:

- Щоденне обслуговування (ЩО);
- Технічне обслуговування № 1 (ТО-1);
- Технічне обслуговування № 2 (ТО-2);
- Сезонне обслуговування (СО);
- поточний ремонт (ПР);
- Ремонт малої трудомісткості, що виконується спільно з ТО;
- Планово-попереджувальний ремонт (ППР), що виконується із встановленою періодичністю та в обсязі, що визначається за результатами технічного діагностування;
- Регламентований ремонт (РР), що виконується з періодичністю, встановленою технічним кодексом, незалежно від технічного стану транспортного засобу в момент початку ремонту;
- капітальний ремонт (КР);
- Відновлювальний ремонт (ВР).

Нормативна база. Нормативи, що регламентують періодичність та трудомісткість ТО та ремонту ТЗ, коригуються за допомогою коефіцієнтів,

які залежать від наступних факторів: умов експлуатації, модифікації ТЗ та організації їх роботи, природно-кліматичних умов (клімату в регіоні експлуатації та агресивності навколишнього середовища, пробігу ТЗ з початку експлуатації, тривалості простою в ТО та ремонті та трудомісткості ТО, кількості обслуговуваних та ремонтваних ТЗ на підприємстві, періоду експлуатації.

Річний обсяг робіт підприємства, цеху, ділянки чи зони є витрати праці виробничими робітниками, необхідних виконання річний виробничої програми.

Річний обсяг робіт $T_{\Gamma i}$ по ТО та ТР виражають їх трудомісткістю, яка визначається на підставі виробничої програми з урахуванням скоригованої трудомісткості t_i кожного i -го виду технічного впливу

$$T_{\Gamma i} = \sum N_{\Gamma i} t_i = \sum N_{\Gamma i} t_i^H k_2 k_4 k_6, \quad (4.1)$$

де t_i^H - нормативна трудомісткість i -го впливу.

За допомогою коефіцієнта k_6 коригують нормативи трудомісткості ПР та мийних робіт залежно від періоду експлуатації.

Річний трудомісткість діагностичних робіт визначають за формулами

$$T_{\text{Д-1Г}} = a T_{1Г}, \quad T_{\text{Д-2Г}} = b T_{2Г}, \quad T_{\text{Дпр}} = c T_{\text{ТРГ}}, \quad (4.14)$$

де a , b та c – частки діагностичних робіт в обсязі робіт ТО-1 (4–15 %), ТО-2 (2–12 %) та ПР (1–2 %) відповідно.

Оскільки утримання окремого поточного ремонту та момент потреби у ньому прогнозувати важко, то річний обсяг поточних ремонтів $T_{\text{ТРГ}}$ визначають за питомими показниками на 1000 км пробігу автомобілів

$$T_{\text{ТРГ}} = A_c k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 \frac{L_r}{1000} t_{\text{ТР}}^H, \quad (4.3)$$

де $t_{\text{ТР}}^H$ - нормативна трудомісткість ПР, віднесена до 1000 км пробігу.

Використання коригувальних коефіцієнтів щодо значень різних показників під час технологічних розрахунків підприємств показано у таблиці 4.1.

Розподіл обсягу робіт ТО та ТР автомобілів за їх видами дано у додатках.

При ТО-1 та ТО-2 може виконуватися ремонт малої трудомісткості. Сумарна трудомісткість ремонтних робіт як заміни складових частин обмеженої номенклатури приймається обсягом трохи більше 20% від скоригованої трудомісткості відповідного ТО.

Таблиця 4.1 – Застосування коригувальних коефіцієнтів при технологічних розрахунках

Коефіцієнти	Показники				
	Пробіг до КР	Періодичність ТО	Трудомісткість		Тривалість простою в ТО та ПР
			ТО	ПР	
k_1	+	+		+	
k_2	+		+	+	
k_3	+	+		+	
k_4			+	+	+
k_5				+	
k_6			+	+	

Річний обсяг капітального ремонту. Трудомісткість капітального ремонту виробу – фактично необхідні витрати живої праці, що визначаються часом виконання робітниками технологічних операцій у даних виробничих умовах з урахуванням чинної організації виробництва. Трудомісткість капітального ремонту виробу $t_{к.р}$ укрупнено визначають за формулою

$$t_{к.р} = k_{п.а} k_{п.о} k_{пр} t_{к.р}^H, \text{ чол-год.}, \quad (4.4)$$

де $k_{п.а}$ - коефіцієнт приведення, що враховує конструктивно-технологічні особливості автомобіля; $k_{п.о}$ – коефіцієнт приведення, що враховує обсяги виробництва; $k_{пр}$ - Коефіцієнт прогресивності; $t_{к.р}^H$ - нормативна трудомісткість капітального ремонту аналогічного автомобіля (агрегату), чол.-ч.

При проектуванні підприємства з ремонту автомобілів нових моделей або їх агрегатів, що ще не освоєні виробництвом, значення коефіцієнта $k_{п.а}$ визначають за формулою

$$k_{п.а} = \mu \sqrt{\frac{m_n^2}{m_a^2}}, \quad (4.5)$$

де m_n і m_a – суха маса автомобіля (агрегату) нової моделі та виробу, прийнятого за аналог відповідно; μ – поправочний коефіцієнт, що визначається ставленням m_n/m_a (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта поправки μ

m_n/m_a	більше 1,15	1,15-1,06	1,05-0,95	0,94-0,85	менше 0,85
μ	0,95	0,98	1,00	1,02	1,05

Значення коефіцієнта $k_{п.о}$ для різних річних обсягів ремонту наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти приведення трудомісткості капітального ремонту для його річних обсягів

Річні обсяги ремонту	Значення коефіцієнта $k_{п.}$	Річні обсяги ремонту	Значення коефіцієнта $k_{п.}$
1000	1,140	20000	0,714
2000	1,000	30000	0,684
4000	0,880	40000	0,660
6000	0,825	50000	0,640
8000	0,800	60000	0,625
10000	0,770	80000	0,604
12000	0,755	100000	0,600

У результаті розрахунків при розбіжності значень розрахункових обсягів ремонту з табличними даними застосовують лінійну інтерполяцію.

Значення коефіцієнта $k_{пр}$ дорівнює відношенню найменшої трудомісткості, досягнутої в одному із кварталів поточного року, до середньої трудомісткості, розрахованої по всіх кварталах року.

Точне значення трудомісткості робіт набувають аналітично-дослідницьким методом, за допомогою якого встановлюють норми часу з технологічних переходів шляхом хронометражу на робочому місці або в технологічній лабораторії. Загальну трудомісткість ремонту автомобілів і агрегатів розподіляють по виробничих ділянках відповідно до сформованих порцій. Приблизний розподіл трудомісткості робіт по виробничих дільницях агрегаторемонтного заводу наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розподіл трудомісткості капітального ремонту агрегатів за видами робіт

Види робіт		Частка, %
Очищення		4–6
Передремонтне діагностування		1–2
Розбирання	загальна	3–4
	вузлова	3–4
Визначення технічного стану та сортування деталей		2–4
Нанесення відновлювальних покриттів		20–30
Механічна обробка		25–30
Комплектування деталей		2–3
Врівноваження деталей та складальних одиниць		0,5-1
Складання	вузлова	5–10
	загальна	10–15
Фарбування		1–2
Обкатка		5–6
Випробування		0,5-1
Усунення дефектів		1–2
Консервація		0,5-1
Переміщення		1–3

Річний обсяг робіт автообслуговуючого підприємства зпрогнозувати аналітично важко. Види виконуваних робіт у вигляді діагностування агрегатів та систем, поточного ремонту та зберігання транспортних засобів та їх обсяги визначаються маркетинговими дослідженнями.

Контрольні питання

1. Що таке трудомісткість ТО автомобіля і як вона визначається?
2. Чим відрізняється трудомісткість при різних видах ТО (ТО-1, ТО-2, капітальне ТО)?
3. Які фактори впливають на трудомісткість технічного обслуговування?
4. Які одиниці виміру трудомісткості застосовуються у автомобільній практиці?
5. Як розраховується трудомісткість окремих операцій ТО (заміна масла, фільтрів, перевірка вузлів)?
6. Що таке нормативна трудомісткість і як вона встановлюється виробником або сервісною компанією?
7. Як трудомісткість впливає на планування робочого часу механіків та завантаження сервісного центру?
8. Чому важливо враховувати трудомісткість при оцінці вартості обслуговування автомобіля?
10. Як автоматизація та сучасне діагностичне обладнання можуть зменшити трудомісткість ТО?
11. Як враховується трудомісткість при складанні графіка ТО для парку автомобілів?
12. Які методи оптимізації трудомісткості застосовуються на сучасних сервісних станціях?

ТЕМА 5 ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ І МОДЕЛЕЙ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТО

Для визначення показників автосервісних підприємств, що функціонують у умовах нерівномірного попиту необхідне застосування відповідного математичного апарату, що моделює функціонування автосервісних підприємств (АСП), які дозволяють кількісно оцінити економічний ефект від заходів щодо оптимізації потужності технічних служб [5]. У зв'язку з цим моделювання виробничих процесів технічного обслуговування та ремонту автомобілів як систем масового обслуговування (СМО) приділяється велика увага. Традиційно для цих цілей використовують математичні моделі, що передбачають незліченну кількість

потенційних джерел заявок (автомобілів) і розглядають АСП як розімкнені СМО.

Однак у малих містах і, особливо у населених пунктах, трапляються випадки, коли коло потенційних джерел заявок обмежене десятками автомобілів. Більше того, у населених пунктах можуть експлуатуватися велика кількість марок автомобілів, у яких загальна кількість автомобілів конкретних марок незначна у зв'язку з нечисленністю населення чи його слабкої забезпеченістю транспортними засобами.

Особливістю таких мереж автосервісу є віддаленість їх від конкурентів, у зв'язку з чим має місце монополія обслуговування за певною номенклатурою операцій дрібного ремонту.

Природно, що простої автомобілів у таких мережах автосервісу будуть значно перевищувати такі умови наявності вільної конкуренції, забезпечуючи цим більш повне завантаження потужності підприємств. Проте незадоволеність власників автомобілів великою тривалістю очікування в черзі може спричинити появу конкуруючого підприємства, яке візьме на себе обслуговування значної частини заявок. Таким чином, ризик виникнення конкуруючого підприємства є умовою обмеження часу очікування автомобілями початку відновлення працездатності на конкретному АСП, що в результаті викликає необхідність збільшення потужності підприємства.

Для остаточного ухвалення рішення щодо збільшення потужності АСП з метою запобігання появі конкурента необхідно розрахувати показники функціонуючого підприємства як замкнутої системи масового обслуговування, в якій є m автомобілів, кожен з яких може в деякі випадкові моменти часу потребувати обслуговування. Потік відмов кожного автомобіля приймається пуассонівським з інтенсивністю λ .

Якщо до моменту надходження автомобіля всі n постів будуть зайняті, автомобіль стає в чергу. Скориставшись графом стану системи та результатами розв'язання диференціальних рівнянь, можна розрахувати показники АСП як системи масового обслуговування для різних варіантів взаємодії виконавців на постах ТО та ремонту.

Для кількісної оцінки впливу варіантів організації праці на постах показники підприємства розглянемо математичні моделі функціонування АСП при різних варіантах взаємодії виконавців на постах: без взаємодопомоги, з частковою взаємодопомогою та з повною взаємодопомогою.

Перший варіант організації праці наперед має меншу продуктивність, проте має місце на практиці через персональну відповідальності виконавця за якість виконаної роботи. Якщо між виконавцями має місце взаємна довіра щодо якості та однаковий рівень кваліфікації, в окремих випадках доцільна взаємодопомога між ними. Однак така взаємодопомога не завжди

реалізована через обмеженість фронту робіт і загальну високу завантаженість всіх виконавців у години пік. І, нарешті, третій варіант організації праці може практикуватися у невеликих АСП за наявності 2–3 постів, коли виконавці можуть усією бригадою підключатись до ремонту одного автомобіля на посту.

Таким чином, на практиці можливі три варіанти взаємодії між виконавцями, у зв'язку з чим цікавить кількісна оцінка показників АСП як систем масового обслуговування всім варіантів організації праці постах ремонту.

Відповідно до формул теорії масового обслуговування при функціонуванні АСП з першим варіантом взаємодопомоги (модель 1) АСП матимуть такі основні показники:

1. Імовірність того, що автомобілі справні:

$$P_0 = L / \frac{R(m, n, p)}{q^m} + \left[\frac{P(m, n)}{P(0, n)} \frac{R(m - n - 1, x)}{P(m, n)} \right],$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку заявок;

μ – інтенсивність відновлення автомобілів на одному посту;

$\alpha = \lambda\mu$ – узагальнений параметр;

величина $p = \alpha / L + \alpha$;

величина $q = L - p$;

величина $x = n\mu / \lambda$.

Ймовірність того, що черги немає:

$$P_k = \left[B(m, k, p) / q^m \right] \cdot p_0 \quad k = (0, 1, 2, \dots, n).$$

Середнє число зайнятих постів:

$$M_p = P_0 \left[1 - \sum_{k=0}^n \frac{k B(m, k, p)}{q^m} + n \frac{P(n, n) R(m - n - 1)}{P(0, n) P(m, x)} \right].$$

Середнє число автомобілів у черзі:

$$M_a = P(n, n) p_0 / P(0, n) P(m, x) \cdot [(m - n) R(m - n, x) - x] R(m - n - 1, x).$$

Середній час перебування автомобіля в черзі:

$$t_{oc} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{\xi}{1 - \xi} - \frac{1}{\mu}.$$

Таким чином, розглянута математична модель апроксимує весь набір можливих виробничих ситуацій, пов'язаних із внутрішнім та зовнішнім середовищем підприємств автосервісу. Однак наведені розрахункові формули відрізняються великою громіздкістю.

У цьому доцільно зробити вибір математичних моделей, з допомогою яких можна без істотних похибок описати усі розглянуті ситуації.

Завдяки цим спрощенням зменшується кількість розрахункових формул без збитків для точності обчислень. З наведених вище показників АСП як систем масового обслуговування може бути обраний будь-який критерій залежно від потреб підприємства: за середньою довжиною черги, середнього часу перебування автомобілів у черзі та ін.

У результаті кількісна оцінка показників підприємств автосервісу як систем масового обслуговування та кращі критерії оптимального використання потужності АСП дозволяють у ринкових умовах функціонування забезпечити їм максимальний прибуток.

Контрольні питання

1. Яка мета застосування математичних методів в організації ТО?
2. Що таке математична модель у системі технічного обслуговування?
3. Які основні групи математичних методів використовуються при організації ТО?
4. У чому полягає застосування теорії ймовірностей у системі ТО?
5. Як теорія надійності пов'язана з плануванням технічного обслуговування?
6. Для чого використовується теорія масового обслуговування в АТП?
7. Як статистичний аналіз допомагає прогнозувати відмови автомобілів?
8. У чому сутність оптимізаційних моделей при плануванні ТО?
9. Які показники враховуються при математичному обґрунтуванні періодичності ТО?
10. Як моделювання допомагає зменшити простої автомобілів?
11. Які вихідні дані необхідні для побудови математичної моделі ТО?
12. Які економічні критерії застосовують при оптимізації системи ТО?

ТЕМА 6 КЛАСИФІКАЦІЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ТО

Під впливом умов експлуатації, кваліфікації персоналу, неоднорідності самих виробів та його початкового стану та інших чинників інтенсивність і характер зміни параметра технічного стану в різних автомобілів будуть різними. Тому, якщо зафіксувати значення параметра, наприклад, на рівні уд (рис. 6.1), то моменти досягнення цього стану (ресурсу) l_p у різних виробів будуть різні, тобто напрацювання на відмову буде випадковою величиною і матиме варіацію. У зв'язку з цим постає питання, як встановити момент контролю та обслуговування виробів?

Якщо зафіксувати певний напрацювання до моменту контролю та обслуговування автомобіля L_0 , то неминучими є варіація показника його технічного стану i , як наслідок, варіація трудомісткості та тривалості

виконання робіт з відновлення технічного стану. Тому важливо знати, яку трудомісткість та тривалість враховувати та нормувати при організації технічного обслуговування та ремонту.

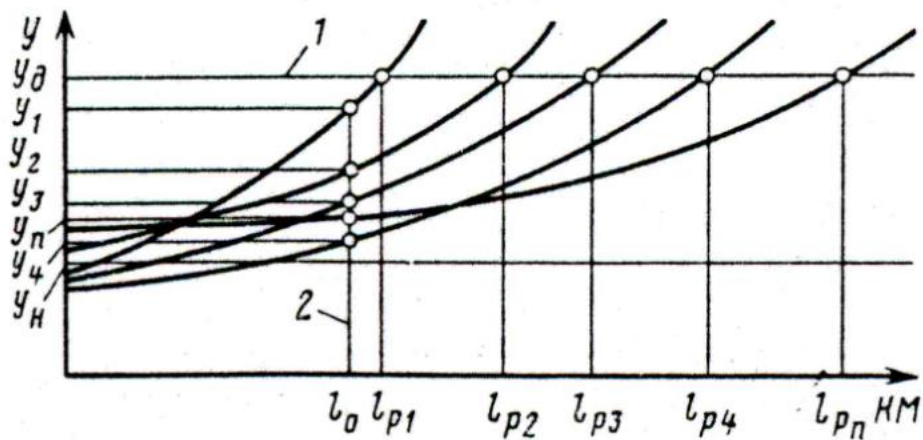


Рисунок 6.1 – Варіація ресурсу та технічного стану

Цілком очевидно, що вирішення цього питання багато в чому залежить від варіацій випадкової величини. Характеристиками випадкової величини X при n реалізаціях служать середнє значення, середньоквадратичне відхилення та дисперсія.

Середнє значення:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n};$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}};$$

Дисперсія $D = \sigma^2$; коефіцієнт варіації $V_x = \sigma \sqrt{\bar{x}}$.

У технічній експлуатації автомобілів розрізняють випадкові величини з малою ($V \leq 0,1$), середньою ($0,1 < V \leq 0,33$) та великою варіацією ($V > 0,33$). Фактично отриманий в результаті обробки експериментальних даних коефіцієнт служить попереднього визначення закону розподілу даної випадкової величини.

Крім наведених, найважливішою характеристикою випадкової величини є ймовірність – чисельний захід ступеня об'єктивно існуючої можливості появи події, що вивчається. Зазвичай ймовірність позначається літерою P . Статистично ймовірність події A є відношенням числа випадків,

що сприяють цій події, до загального числа випадків n . Імовірність може приймати значення в інтервалі $0 \leq P \leq 1$. Події, котрим $P = 1$, називаються достовірними, а події, котрим $P \leq 0,05$ – малоімовірними.

Імовірність безвідмовної роботи $R(x)$ * визначається ставленням числа випадків безвідмовної роботи виробу за напрацювання X : до загального числа випадків, тобто

$$R(x) = \frac{n - m(x)}{n} = 1 - \frac{m(x)}{n},$$

де $m(x)$ – кількість виробів, що відмовили, до моменту напрацювання x .

Імовірність відмови $F(x)$ * є подією, протилежною ймовірності безвідмовної роботи, тому

$$F(x) = 1 - R(x) = m(x)/n.$$

Графічне зображення ймовірностей безвідмовної роботи та відмови представлено на рисунку 6.2. Ці графіки справедливі для невідновлюваних виробів, тобто підлягають заміні після першої відмови, і для відновлюваних виробів, але для окремих циклів роботи: до першої відмови між першою і другою відмовою і т. д. Маючи значення $F(x)$ або $R(x)$, можна вирішувати наступні практичні завдання.

Якщо X_Y – це задана напрацювання агрегату або деталі, а X_1 – напрацювання до відмови, то ймовірність події $P(X_1 > X_Y) = R(x) = y$ означає, що з ймовірністю $P = y$ виріб пропрацює без відмови більше заданого напрацювання X_Y . Це напрацювання називається гамма-відсотковим напрацюванням (ресурсом). Зазвичай γ приймається рівною 0,8; 0,85; 0,9; 0,95. Вираз $P(X_i \leq X_Y) = F(x)$ означає, що з ймовірністю $F(x)$ виріб відмовить при напрацюванні, меншому або рівному X_Y .

Якщо випадковою величиною є тривалість виконання будь-якої операції ТО або ремонту, то вираз $P(X_i \leq X_Y) = F(x) = 1 - y$ означає, що в $(1 - y)$ випадках знадобиться час, менший ніж X_y .

Наступною характеристикою випадкової величини є густина її ймовірності (наприклад, ймовірності відмови) $f(x)$ – функція, що характеризує ймовірність відмови за малу одиницю часу під час роботи вузла, агрегату, деталі без заміни.

На практиці, знаючи $f(x)$, оцінюють можливу кількість відмов $m(x)$, яка може виникнути за порівняно невеликий інтервал напрацювання $\Delta x = x_1 - x_2$. Для цього значення $f(x)$ множать на кількість виробів n і величину інтервалу x . Наприклад, при $n = 75$, $f(x) = 0,02$ тис. км⁻¹ і $\Delta x = 2$ тис. км, отримуємо $f(x)n(x_1 - x_2) \approx 0,02 * 75 * 2 \approx 3$ відмови, тобто при експлуатації 75 невідновлюваних виробів (або відновлюваних виробів – до першої відмови) є підстави очікувати в інтервалі напрацювання $x_1 - x_2$ появи 3 відмов та підготуватися відповідним чином до їх усунення. Помноживши значення

щільності ймовірності відмови $f(x)$ на величину інтервалу напрацювання, можна отримати оцінку ймовірності відмови виробів у цьому інтервалі. Для того ж прикладу ця ймовірність $P(x_1 < X < x_2) \approx f(x_1) * \Delta x = 0,02 * 2 = 0,04$.

Для процесу технічної експлуатації найбільш характерними є такі закони розподілу:

Нормальний закон розподілу. Такий закон формується тоді, коли на перебіг досліджуваного процесу та його результат впливає порівняно велика кількість незалежних (або слабозалежних) елементарних факторів (доданків), кожне з яких окремо надає лише незначну дію порівняно із сумарним впливом усіх інших. Наприклад, напрацювання до проведення ТО складається з декількох (десяти і більше) змінних пробігів, що відрізняються один від одного.

Закон розподілу Вейбулла - Гніденко. Цей закон проявляється у моделі так званої «слабкої ланки». Якщо система складається з групи незалежних елементів, відмова кожного з яких призводить до відмови всієї системи, то в такій моделі розглядається розподіл часу (або пробігу) досягнення граничного стану системи як розподіл відповідних мінімальних значень x_i окремих елементів $x_c = \min(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

Логарифмічний нормальний закон розподілу. Якщо на перебіг досліджуваного процесу та її результат впливає порівняно велика кількість випадкових і взаємозалежних чинників, інтенсивність дії яких залежить від досягнутого випадкової величиною стану, то виникають умови для логарифмічно нормального закону. Ця так звана модель пропорційного ефекту розглядає деяку випадкову величину, що має початковий стан X_0 і кінцевий граничний стан X_n .

Контрольні питання

1. Що називають випадковим процесом у системі ТО?
2. Які приклади випадкових процесів характерні для технічного обслуговування автомобілів?
3. За якими ознаками класифікують випадкові процеси при ТО?
4. У чому різниця між дискретними та неперервними випадковими процесами?
5. Що означає стаціонарність випадкового процесу?
6. Чим відрізняється стаціонарний процес від нестаціонарного?
7. Що таке марковський процес і в чому його особливість?
8. Які процеси називаються процесами з післядією?
9. У чому полягає відмінність між ординарними та неординарними потоками подій?
10. Як класифікація випадкових процесів впливає на вибір математичної моделі?
11. Які процеси в системі ТО можна вважати дискретними за станами?

ТЕМА 7 ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОННОГО КЕРУВАННЯ АГРЕГАТАМИ АВТОМОБІЛЯ

Двигун автомобіля являє собою сукупність механізмів і систем, що перетворюють теплову енергію палива, що згорає в його циліндрах, в механічну. Він складається з цілого ряду механізмів та систем. Бензиновий двигун та дизель мають кривошипно-шатунний механізм, мастильну систему, систему охолодження та систему живлення, а бензиновий двигун до того ж і систему запалювання. Кривошипно-шатунний механізм здійснює робочий процес двигуна.

Газорозподільний механізм здійснює відкриття та закриття впускних та випускних клапанів двигуна. Мастильна система подає масло до деталей двигуна, що труться. Система охолодження відводить теплоту від сильно нагрітих деталей двигуна. Система живлення готує горючу суміш для двигуна та забезпечує випуск із двигуна відпрацьованих газів. Система запалювання виробляє займання горючої та робочої суміші в циліндрах двигуна.

До характерних пошкоджень кривошипно-шатунного механізму (КШМ) відносяться: знос циліндрів, поршневих кілець, канавок, стінок і отворів у бобишках поршня, поршневих пальців, втулок головок шатунів, шийок та вкладишів колінчастого валу; закоксовування кілець. До характерних відмов відносяться: поломка поршневих кілець, задир дзеркала циліндрів і заклинювання поршнів, підплавлення підшипників, поява тріщин блоку циліндрів і головки блоку циліндрів.

Основними ознаками несправності КШМ є: зменшення компресії в циліндрах, поява шумів і стуків при роботі двигуна, прорив газів в картер і поява з маслоналивної горловини блакитного диму з різким запахом, збільшення витрати масла, розрідження масла в картері через проникнення парів робочої суміші при тактах чому на електродах утворюється нагар і погіршується іскроутворення. При цьому, як правило, підвищується витрата палива та знижується потужність двигуна.

До характерних ушкоджень газорозподільного механізму (ГРМ) відносяться: знос штовхачів та їх напрямних втулок, тарілок клапанів та їх гнізд, шестерень, кулачків та опорних шийок розподільчого валу; порушення зазорів між стрижнями клапанів та коромислами (штовхачами). До характерних відмов відносяться: поломка та втрата пружності клапанних пружин, поломка зубів розподільчих шестерень, прогорання клапанів. Ознаками несправності ГРМ служать стуки, поява спалахів у карбюраторі та бавовни у глушнику.

Характерними несправностями системи запалення є: руйнування ізоляції проводів та свічок запалювання, порушення контакту у місцях з'єднань; ослаблення пружини рухомого контакту; підвищений люфт валика розподільника; нагар на електродах свічок запалювання; зміна зазору між

електродами свічок; міжвиткові замикання (особливо у первинній обмотці) котушки запалювання; неправильна початкова установка кута випередження запалення; несправність відцентрового та вакуумного регуляторів.

Хоча на систему живлення припадає не більше 5% відмов і явних несправностей по автомобілю, стан її основного елемента – карбюратора – є визначальним для забезпечення паливної економичності (за останніми даними, середній перевитрата палива через невиявлені за зовнішніми ознаками несправностей становить 10–15 %) та допустимої концентрації.

До явних несправностей відносять порушення герметичності та текти палива з паливних баків та паливопроводів, «провали» двигуна при різкому відкритті дросельної заслінки через погіршення функціонування прискорювального насоса; до неявних – забруднення (підвищення гідравлічного опору) повітряних фільтрів, прорив діафрагми та негерметичність клапанів бензонасоса, порушення герметичності голчастого клапана та зміна рівня палива в поплавковій камері, зміна (збільшення) пропускної спроможності жиклерів, неправильно.

На систему живлення припадає до 9% несправностей автомобілів із дизельними двигунами. Характерними несправностями є: порушення герметичності палива, особливо паливопроводів високого тиску; забруднення повітряних та особливо паливних фільтрів; попадання масла в трубунагнітач; знос та розрегулювання плунжерних пар насоса високого тиску; втрата герметичності форсунок та зниження тиску початку підйому голки; знос вихідних отворів форсунок, їх закоксування та засмічення.

Зовнішніми ознаками несправності системи мастила є втрата герметичності, забруднення олії та невідповідність тиску в системі нормативним значенням: для автомобілів ГАЗ-53А, ЗІЛ-130 при швидкості 40-50 км/год на прямій передачі тиск у системі має бути 0,2-0,4 МПа. При зниженні тиску на холостому ході до 0,09–0,04 МПа у ГАЗ-53А та 0,06–0,03 МПа у ЗІЛ-130 спалахує сигнальна лампа на щитку приладів. У прогрітому двигуні КамАЗ-740 при 2600 об/хв колінчастого валу тиск має бути 0,45-0,5 МПа.

Зовнішніми ознаками несправності системи охолодження є перегрів чи надмірне охолодження двигуна, втрата герметичності. Перегрів можливий при нестачі охолоджувальної рідини в системі. Особливо це проявляється при застосуванні антифризів, які спінюються через наявність у системі повітря та уповільнюють відведення тепла. Для запобігання замерзанню антифризу необхідно підтримувати його нормативну густину. Так, при 20 °С щільність антифризу А-40 повинна бути 1,067-1,072 г/см³, а антифризу «Тосол А-40» - 1,075-1,085 г/см³.

Ефективність роботи системи охолодження також знижується при ослабленні натягу вентилятора. Натяг ремня двигуна ЗМЗ-53 регулюють зміною положення натяжного ролика. При зусиллі 30-40 Н прогин ремня

має бути 10-15 мм. У двигуна КамАЗ-740 регулювання роблять зміною положення генератора. При зусиллі 40 Н прогин ремня має бути 15–22 мм.

Безконтактно-транзисторні системи запалювання (БТСЗ)

БТСЗ почали застосовувати із 80-х років. Якщо в контактних системах за паління (КСЗ) переривник безпосередньо розмикає первинний коло, у контактнотранзисторній системі запалювання КТСЗ – коло управління, то БТСЗ (рисунок 7.1) і управління стає безконтактним. У цих системах транзисторний комутатор, що перериває коло первинної обмотки котушки запалювання, спрацьовує під впливом електричного імпульсу, що створюється безконтактним датчиком. У БТСЗ замість переривника-розподільника застосовується датчик-розподільник [3].

Усі види датчиків, що використовуються в БТСЗ, поділяють на параметричні та генераторні. У параметричних датчиках змінюються ті чи інші параметри керуючого (базового) кола (опір, індуктивність, ємність), у зв'язку з чим змінюється сила струму бази транзистора.

Генераторні датчики (магнітоелектричні, фотоелектричні та ін) є джерелами живлення керуючого кола. Найбільшого поширення отримали магнітоелектричні датчики – індукційні та датчики Холла.

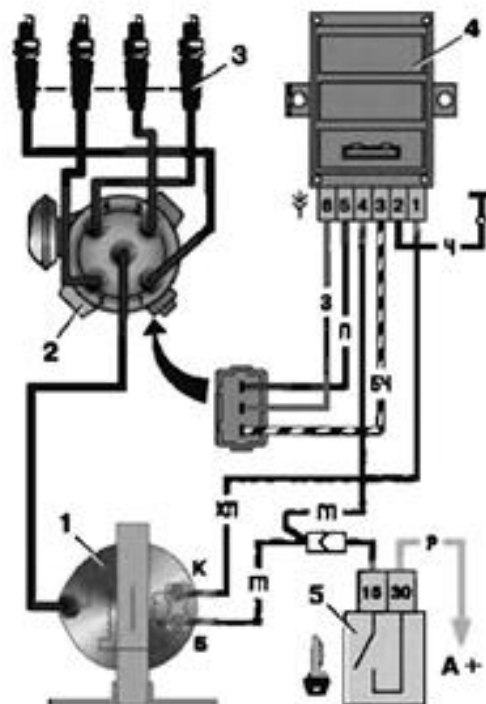


Рисунок 7.1 – Принципова схема безконтактно-транзисторної системи запалювання (БТСЗ - TSZi) з індукційним датчиком

1 – котушка запалювання; 2 - датчик-розподільник запалювання; 3 – свічки запалювання; 4 – комутатор; 5 – вимикач запалювання; А – до джерел живлення

Основні види датчиків представлені рисунку 3.2.

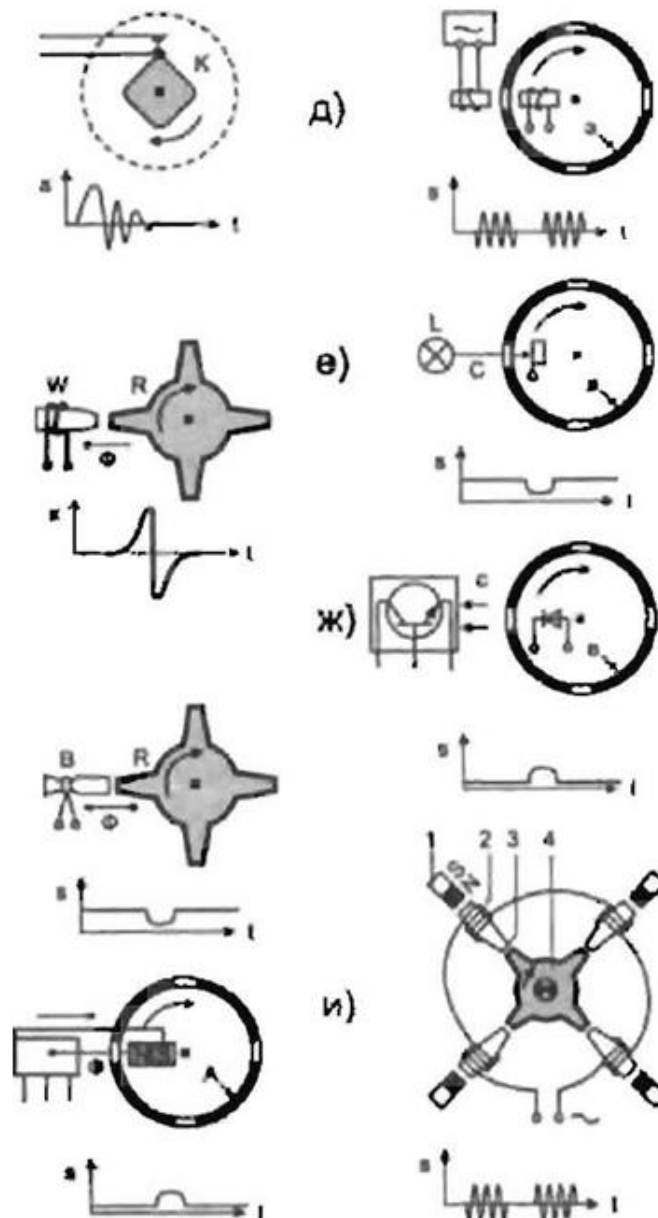


Рисунок 7.2 – Різновиди безконтактних датчиків

а) контактний датчик (контактна пара) переривника-розподільника бата рейної, контактнo-транзисторної та контактнo-тиристорної систем запалення. Формує момент запалення розмиканням контактів (кулачком). Недоліки – нестабільність сигналу, мала напрацювання на відмову;

б) магнітоелектричний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом генерування одиночного імпульсу в момент замикання магнітного потоку Φ феромагнітним ротором R через магнітопровід обмотки W датчика. Недоліки – неможливість отримання стабільного сигналу на низьких оборотах ротора;

в) ферорезистивний датчик. Працює за принципом зміни електричного опору у ферорезисторі при зміні магнітного потоку Φ від постійного магніту. Недоліки – залежність сигналу від температури;

г) датчик Холла. Найбільш поширений датчик частоти обертання ДВЗ у сучасних ЕСЗ. Працює за принципом переривання магнітного потоку від постійного магніту NS феромагнітним атенуатором А. Недоліки – складна технологія виготовлення. Переваги - стабільність параметрів сигналу за будь-якої частоти обертання ДВЗ;

д) електрогенераторний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом переривання електромагнітного високочастотного поля металевим екраном Е. Недоліки - складність схеми. Переваги – цифровий рахунок швидкості обертання ДВЗ;

е) фотоелектричний датчик частоти обертання ДВЗ. Працює за принципом переривання світлового потоку З оптичним атенуатором В. Недоліки: можливість забруднення та перегорання лампи НЛ (Низька надійність). Перевага – простота;

ж) оптоелектронний датчик. Працює за принципом переривання світлового потоку між елементами оптопари (світловий діод і фототранзистор). Недоліки – забруднення оптичного каналу. Переваги – можливість застосування частотної модуляції світлового потоку;

з) генераторний датчик із частотною модуляцією. Працює за принципом зриву автоколивань генератора. Недоліки – складність. Переваги: незалежність амплітуди сигналу від частоти обертання ротора.

Магнітоелектричний індукційний датчик є однофазним генератором змінного струму з ротором на постійних магнітах (див. рисунок 7.2). Число пар полюсів ротора відповідає числу циліндрів двигуна. Число періодів зміни напруги за два обороти, наприклад, чотиритактного двигуна, відповідає числу його циліндрів. Позитивні напівперіоди цієї напруги відкривають транзистор каскаду комутатора безконтактної системи запалювання, що формує первинний струм, що відповідає моменту іскроутворення.

При малих частотах обертання колінчастого валу напруги, що створюється, недостатньо для перемикання транзистора. Для усунення цього недоліку вводять спеціальний каскад, що формує. В результаті середній споживаний струм у схемі з індукційним датчиком досить великий (68 А). Тим не менш, на малій частоті обертання холостого ходу не уникнути розряду акумулятора.

У разі роботи системи з датчиком Холла час накопичення енергії в котушці запалювання залишається незмінним незалежно від частоти обертання колінчастого валу, тобто. енергія іскри практично не залежить від оборотів двигуна та напруги бортової мережі, ккд цих систем дуже високий.

Пристрій комутатора для таких безконтактних систем досить складний (у ньому є мікросхема, силовий транзистор, а також кілька резистори, стабілітрони та конденсатори).

Магнітоелектричний датчик Холла отримав свою назву на ім'я

Е. Холла, американського фізика, який відкрив у 1879 р важливе гальваноманітне явище. Переваги цього перемикача – висока надійність і довговічність, малі габарити, а недоліки – постійне споживання енергії та порівняно висока вартість. Якщо напівпровідник, яким (вздовж) протікає струм, впливати магнітним полем, то ньому виникає поперечна різниця потенціалів (ЕДС Холла) Виникаюча поперечна ЕРС може мати напругу лише на 3 В меншу, ніж напруга живлення.

Датчик Холла має щілинну конструкцію. З одного боку щілини розташований напівпровідник, яким при включеному запаленні протікає струм, з другого боку – постійний магніт. У щілину датчика входить сталевий циліндричний екран із прорізами. При обертанні екрану, коли його прорізи виявляються в щілини датчика, магнітний потік впливає на напівпровідник з струмом, що протікає по ньому, і керуючі імпульси датчика Холла подаються в комутатор, в якому вони перетворюються в імпульси струму в первинній обмотці котушки запалювання.

Найбільш простий у схемному та функціональному виконанні є *безконтактна система запалення з нерегульованим періодом накопичення енергії*. Безконтактна система запалення з нерегульованим часом на накопичення енергії принципово відрізняється від контактно-транзисторної лише тим, що контактний переривник замінений безконтактним датчиком.

У системі, крім того, не усунуто істотного недоліку контактного запалювання – зменшення вторинної напруги при зростанні частоти обертання колінчастого валу. Тому перспективніша система з регулюванням часу накопичення енергії.

Котушки запалювання електронних систем запалювання/

У контактно-транзисторних і транзисторних системах запалювання переривання первинного струму котушки здійснюється не контактами механічного переривника, а силовим транзистором. При цьому первинний струм може бути збільшений до 10...11 А. Це призвело до необхідності створення спеціальних котушок запалювання з низькими значеннями опору та індуктивності первинної обмотки та великим коефіцієнтом трансформації. В даний час котушки контактно-транзисторних та транзисторних систем запалювання випускаються з автотрансформаторною схемою з'єднання обмоток.

Первинна обмотка котушки в таких системах запалювання низькоомна і підключається до джерела живлення, як правило, через виносний додатковий резистор. Іноді застосовується блок із двох додаткових резисторів. Тоді один з резисторів увімкнений постійно і обмежує струм у низькоомному первинному ланцюзі, а другий резистор виконує роль додаткового резистора, як і в класичній контактній системі запалювання.

Котушки запалення, розраховані для роботи з транзисторним ключем, є потужними споживачами електричної енергії.

В електронних системах запалювання високої енергії з нормованим часом накопичення (часом протікання первинного струму) застосовуються котушки запалення, аналогічні по конструкції вищерозглянутим: вони мають автотрансформаторну схему з'єднання обмоток і розімкнений магнітопровід. Але оскільки ці котушки розвивають підвищену вторинну напругу при роботі на відкритий коло (до 35 кВ), їхня високовольтна ізоляція посилена. Крім того, при виборі параметрів котушок для сучасних електронних систем запалювання враховуються такі особливості роботи цих систем:

- тривалість імпульсів первинного струму формується таким чином, щоб мав місце мінімум розсіюваної потужності в котушці і на силовому транзисторі комутатора;
- час перебігу первинного струму залежить від частоти обертання колінця того валу двигуна та напруги живлення;
- амплітуда імпульсів первинного струму обмежується 6,5...10 А залежно від типу електронного комутатора;
- при непрацюючому двигуні, але включеному запаленні, струм у первинній обмотці котушки запалення не протікає.

Конструктивна особливість котушок запалювання, які застосовуються в електронних системах із нормованим часом накопичення енергії, наявність спеціального захисного клапана у високовольтній кришці або в лінії завальцювання кришки з корпусом. Цей клапан відкривається у разі збільшення тиску олії, що має місце при підвищенні її температури. Спрацьовування клапана – це аварійна ситуація, що виникає тоді, коли виходить з ладу система керування часом накопичення енергії в електронному комутаторі. При цьому тривалість протікання первинного струму збільшується, котушка сильно нагрівається і тиск масла всередині її корпусу підвищується. Спрацьовання захисного клапана запобігає вибуху котушки. Але після цього котушка відновленню не підлягає.

Мікропроцесорні системи запалювання.

Розглянуті вище системи запалювання (БТСЗ) нині мають обмежене застосування. Їм на зміну прийшли системи запалення четвертого покоління - це системи з електронно-обчислювальними пристроями управління та без високовольтного розподільника енергії зі свічок у вихідному каскаді. Такі системи прийнято поділяти на електронно-обчислювальні або просто на електронні (ЕСЗ) та мікропроцесорні (МСЗ). Електронні та мікропроцесорні системи запалення мають три важливі відмінності від попередніх систем:

- їх пристрої управління є електронно-обчислювальними блоками дискретного принципу дії, виконані із застосуванням мікроелектронної технології (на універсальних або великих інтегральних мікросхемах) і призначені для автоматичного управління моментом запалювання. Ці пристрої називаються контролерами;

– застосування мікроелектронної технології, окрім отримання переваг за надійністю, дозволяє значно розширити функції електронного управління. Стало можливим впровадження в автомобільну систему запалення бортової самодіагностики та принципів схмотехнічного резервування;

– вихідні каскади цих систем у переважній більшості випадків багатоканальні і, як наслідок, не містять високовольтного розподільника запалювання.

Електронні та мікропроцесорні системи запалення відрізняються один від одного способами формування основного сигналу запалювання, тобто. того сигналу, що від ЕБУ подається на спусковий пристрій накопичувача. В ЕСЗ основний сигнал запалювання формується із застосуванням частотно-імпульсного способу перетворення інформації від вхідних датчиків. Це коли контрольований процес визначається часом його протікання, з наступним перетворенням часу в тривалість електричного імпульсу. Таким чином, ЕСЗ контролер містить електронний хронометр і керується аналоговими сигналами.

На відміну від електронної, мікропроцесорна система запалювання працює за заздалегідь заданою для даного двигуна внутрішнього згоряння програмі управління. У обчислювачі мікропроцесорної системи запалення є електронна пам'ять (постійна та оперативна). Програма управління конкретної конструкції двигуна визначається експериментально, у його розробки. На випробувальному стенді імітуються всі можливі режими двигуна за всіх можливих умов його роботи.

Для кожної експериментальної точки підбирається та реєструється оптимальний кут випередження запалення. Виходить набір численних значень кута для моменту запалювання, кожне з яких відповідає строго певної сукупності сигналів від вхідних датчиків.

Графічне зображення такої множини є тривимірною характеристикою запалювання, яка у вигляді матриці. Координати тривимірної характеристики записуються в постійну пам'ять мікропроцесора і надалі служать опорною інформацією для визначення кута випередження запалення в реальних умовах експлуатації двигуна на автомобілі. Зміна опорного (взятого з пам'яті) кута θ випередження запалювання здійснюється автоматично. Збільшення кута θ відбувається при підвищенні оборотів, при зменшенні навантаження та при зниженні температури ДВЗ.

Зменшення кута θ має місце зі збільшенням навантаження, при падінні оборотів і підвищенні температури ДВС. Якщо в МСЗ крім основних датчиків використовуються додаткові (наприклад, датчик детонації в циліндрах ДВС), то в мікропроцесорі здійснюється корекція опорного значення кута випередження запалювання за сигналами цих датчиків. У цьому коригування проводиться у кожному циліндру окремо. Електронні

блоки управління для ЕСЗ та МСЗ, крім функціональних та схмотехнічних, мають і важливі конструктивні відмінності.

У ЕСЗ блок управління є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером. На входи контролера подаються сигнали від вхідних датчиків системи запалювання, а після виходу контролер працює на електронний комутатор вихідного каскаду.

Всі електронні схеми контролера низькорівневі (потенційні), що дозволяє включати їх до складу інших бортових електронних блоків управління (наприклад, ЕБУ системи впорскування палива).

У МСЗ всі функції управління інтегровані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля і персональний блок управління для системи запалення може бути відсутнім. Функції вхідних датчиків МСЗ виконують універсальні датчики комплексної системи автоматичного керування двигуном. Основний сигнал запалювання подається на електронний комутатор вихідного каскаду МСЗ безпосередньо від бортового комп'ютера.

Незважаючи на значні відмінності електронних і мікропроцесорних систем запалювання, по пристроїв управління вихідні каскади цих систем мають ідентичне схмотехнічне та конструктивне виконання, при якому кожна свічка запалювання на багатоциліндровому ДВС отримує енергію для іскроутворення окремим каналом. Такий розподіл називається статичним чи багатоканальним.

Треба відзначити, що крім звичайних недоліків механічного перемикача (низька надійність і мала напрацювання на відмову частин, що обертаються і труться) класичний розподільник запалювання має і той недолік, що в ньому реалізується комутація високовольтної енергії через електричну іскру. Це, крім додаткових втрат енергії, призводить до нерівномірного вигорання контактів в ізоляційній кришці розподільника і, як наслідок, явища розкиду іскор по циліндрах і до низької функціональної надійності системи запалювання. Розкид іскор між виводами навіть справного механічного розподільника може досягати 2...3 кутових градусів по повороту колінчастого валу ДВС.

В електронних і особливо в мікропроцесорних системах запалювання, високонадійних і високоточних у функціональному відношенні, формування моменту запалювання в яких реалізується з точністю 0,3 ... 0,5° для кожного циліндра окремо, застосування високовольтного механічного розподільника абсолютно неприпустимо. Тут прийнятні електронні способи перемикання каналів на низькопотенційному рівні безпосередньо в електронному блоці управління з подальшим статичним поділом каналів високої напруги на багатовивідних або індивідуальних котушках запалювання. Це неминуче призводить до багатоканальності вихідного каскаду системи запалювання.

Реалізація багатоканального розподілу енергії може бути здійснена в системах запалення декількома способами. Найбільш простий з них

застосування високовольтного двовивідного вихідного трансформатора або двовивідної котушки запалювання у вихідному каскаді. Такий спосіб поділу каналів є прийнятним для реалізації в системі запалення з будь-яким типом накопичувача.

Відомо, що в системі запалення, на виході якої встановлений високовольтний розподільник, під час розряду накопичувача мають місце дві іскри: одна основна (робоча) у свічці запалення та інша допоміжна між бігунком розподільника та контактом одного з його свічкових висновків.

Вторинна обмотка вихідного трансформатора (котушки запалення) високовольтним висновком з'єднана з центральним бігунком розподільника, а інший вивід обмотки є нульовим, оскільки під час розряду накопичувача з'єднується з "масою" автомобіля (див. рисунок 7.1). Енергія допоміжної іскри в розподільнику витрачається марно, і цю іскру прагнуть всіляко придушити. Звідси зрозуміло, що допоміжну іскру з-під кришки розподільника можна перенести у другу свічку запалювання, з'єднавши її з першої через масу голівки блоку циліндрів послідовно. Для цього достатньо виключити розподільник з вихідного каскаду, від'єднати від «маси» автомобіля заземлюваний висновок котушки запалювання та підключити до нього другу електроіскрову свічку (рис. 7.3).

Наприкінці такту стиснення незадовго до появи робочої іскри температур палива повітряного заряду ще недостатньо висока (200...300°C), а тиск, навпаки – значний (1... 1,2 МПа). У таких умовах пробивна напруга між електродами свічки - максимальна. В кінці такту випуску, коли має місце іскроутворення в середовищі відпрацьованих газів, пробивна напруга мінімальна, оскільки температура вихлопних газів висока (800...1000 °C), а тиск низький (0,2...0,3 МПа).

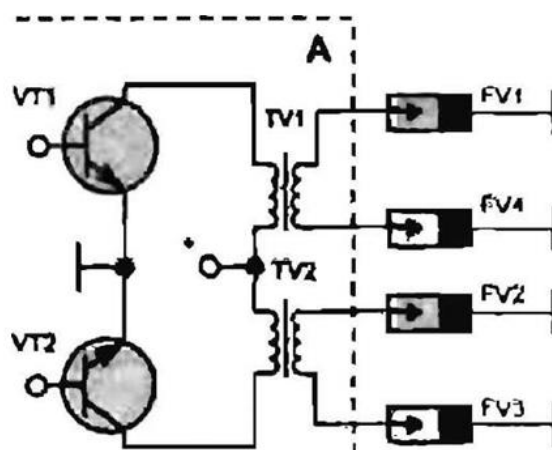


Рисунок 7.3 – Схема низьковольтного розподілу імпульсів високої напруги з двома двовивідними котушками

A - вихідний каскад двоканального комутатора ; *VT1* , *VT2* - транзистори комутатора ; *TV1* , *TV2* – котушки запалювання; *FV1*- *FV4* - іскрові свічки

Таким чином, при статичному розподілі високої напруги за допомогою двовивідної котушки запалювання (на двох послідовно з'єднаних свічках одночасно) майже вся енергія високовольтного електроіскрового розряду припадає на робочу іскру.

Якщо в ДВС чотири циліндри, знадобляться дві двовивідні котушки запалення і два роздільні енергетичні канали комутації у вихідному каскаді.

В даний час розроблено низку автомобільних систем запалювання, в яких дві двовивідні котушки запалення збираються на загальному Ш-подібному магнітопроводі і тим самим утворюється одна 4-вивідна котушка запалювання. Така котушка має дві первинні та дві вторинні обмотки і керується від двоканального комутатора. Чотирьохвивідна котушка запалювання може мати і одну вторинну двовивідну обмотку при двох первинних. Вторинна обмотка такої котушки дообладнана чотирма високовольтними діодами – по два на кожен високовольтний вивід.

Недоліком будь-якої системи запалення з двовивідними котушками є те, що в одній свічці іскра розвивається від центрального електрода до масового (бічного), а в другій свічці – у зворотному напрямку. Так як центральний електрод загострений і завжди значно гарячіший за бічний, то витікання носіїв заряду з його вістря при іскроутворенні вимагає витрати меншої кількості енергії, ніж при витіканні з бічного електрода (на центральному електроді починає проявлятися термоелектронна емісія). Це призводить до того, що пробивна напруга на свічці, що працює в прямому напрямку, стає дещо нижчою (на 1,5...2 кВ), ніж на свічці зі зворотним включенням полярності. Для сучасних електронних і мікропроцесорних систем запалення з великим коефіцієнтом запасу по вторинному напрузі і з керованим часом накопичення енергії це має важливого значення.

Вихідні каскади з індивідуальним статичним розподілом.

У сучасних електронних та мікропроцесорних системах запалювання широко використовуються вихідні каскади з індивідуальними котушками запалювання для кожної свічки окремо. Прикладом може бути система запалення фірми BOSCH, інтегрована в електронну систему автоматичного управління (ЕСАУ) двигуном, яка відома під назвою Motronic.

Основні переваги системи запалення, інтегрованої в ЕСАУ Motronic, полягають у наступному:

- індивідуальний статичний розподіл високої напруги зі свічок запалювання;
- котушки запалювання із заземленою вторинною обмоткою.

Якщо магнітопровід трансформатора ввести в режим насичення, його коефіцієнт трансформації різко падає і енергія з первинної обмотки у вторинну не трансформується. Система запалення з трансформатором насичення володіє високою надійністю, малими габаритами і вагою, але її промисловий випуск поки не реалізований через значні технічні труднощі

виготовлення (для трансформатора насичення потрібні тороїдальні сердечники з високоякісного пермалою. Намотка багатовиткових обмоток на такі сердечники вкрай утруднена).

Котушки запалювання мікропроцесорних систем запалювання.

У сучасних мікропроцесорних системах запалення з накопиченням енергії в індуктивності розподіл високовольтних імпульсів по свічках у циліндрах двигуна здійснюється без високовольтного розподільника і найчастіше із застосуванням двовивідних котушок запалювання. Такий спосіб іноді називають статичним розподілом. Система запалення з двовивідними котушками придатна для роботи на чотиритактному двигуні з будь-яким парним числом циліндрів (2, 4, 6, 8...).

Перші двовивідні котушки запалювання були виготовлені на базі традиційних одновивідних котушок із розімкненим магнітопроводом в маслонаповненому металевому корпусі. Вони мали збільшені габарити і масу і значно відрізнялися від прототипу по конструкції. Такі котушки не знайшли широкого застосування. Розробка нових полімерних матеріалів, що мають високі діелектричні властивості, дозволила створювати так звані «сухі» двовивідні котушки запалювання.

Двовивідна котушка запалювання (рис. 7.4) має розімкнений магнітопровід і двосекційну вторинну обмотку.

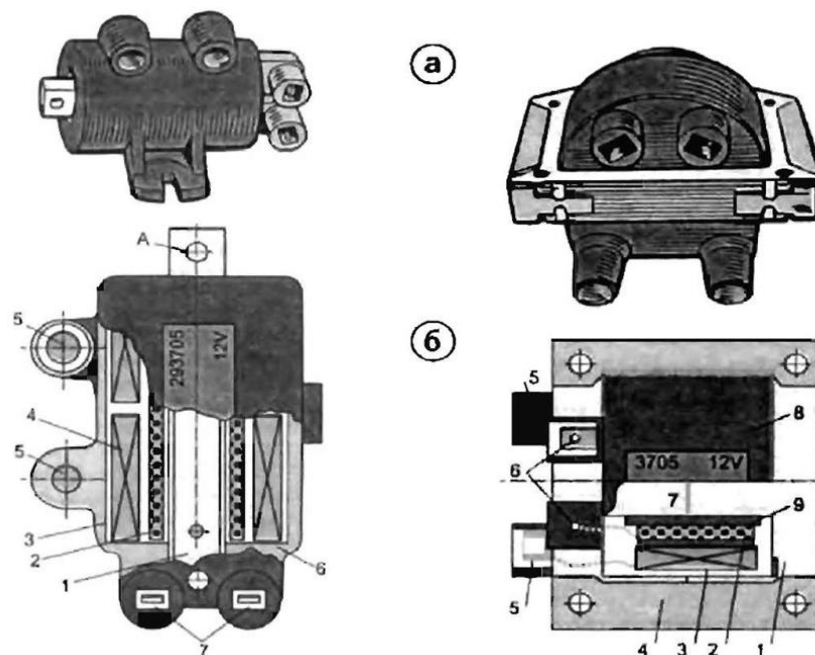


Рисунок 7.4 – Конструкція котушки запалювання з розімкненим магнітопроводом

а – зовнішній вигляд; б - котушка у розрізі; 1 - замкнутий магнітопровід з повітряним зазором; 2 – первинна обмотка; 3 – корпус; 4 – вторинна обмотка; 5 високовольтні висновки; 6 – низьковольтні висновки; 7 – повітряний зазор; 8 – заливка поліпропіленом; 9 – пластмасовий каркас

Вторинна обмотка розташована зверху первинної, що забезпечує надійну ізоляцію виводів високої напруги. Охолодження первинної обмотки через центральний стрижень магнітопроводу, який виступає назовні і має отвір для кріплення.

Обмотки котушки просочені компаундом і опресовані поліпропіленом, з пропілену виконані корпус, гнізда високовольтних і низьковольтних висновків. Нині дедалі більшого поширення набувають трансформатори запалювання, тобто двовивідні котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом. Наявність замкнутого магнітопроводу дозволяє зменшити габарити і вагу котушки, підвищити ккд перетворення енергії, зменшити витрату обмоточного дроту та електротехнічної сталі, покращити параметри іскрового розряду, знизити трудомісткість виготовлення.

У системах запалення з накопиченням енергії в ємності котушка запалювання виконує функцію тільки імпульсного трансформатора, що підвищує, її габарити при цьому можуть бути значно зменшені. Це дозволяє виготовляти індивідуальні котушки запалювання для кожної свічки окремо та монтувати їх безпосередньо на свічках. Для такої системи ми не потрібні високовольтні дроти, які є джерелом радіоперешкод. Крім того, виключається неодружена іскра. Вторинне напруження дещо збільшується і має лише негативну полярність, що продовжує термін служби свічки запалювання.

Високий рівень вторинної напруги та параметрів іскрового ряду сприяє виконанню жорстких вимог, що пред'являються до сучасного автомобільного двигуна з економічності та токсичності. Підвищення швидкості наростання вторинної напруги робить систему запалення менш чутливою до нагароутворення тепловому конусі іскрової свічки. Однак при цьому на 20...30% зростає пробивна напруга на свічках, що пояснюється сумірністю часу формування іскрового розряду у свічці з часом наростання на ній вторинної напруги. При великому запасі по вторинному напрузі це важливо.

Контрольні питання

1. Яке призначення систем електронного керування агрегатами автомобіля?
2. Які основні елементи входять до складу електронної системи керування?
3. Що таке електронний блок керування (ЕБУ) і які його функції?
4. Які типи датчиків використовуються в системах керування двигуном?
5. Які ознаки свідчать про несправність електронної системи?
6. У чому полягає комп'ютерна діагностика електронних систем?
7. Що таке коди несправностей і як вони зчитуються?

8. Які заходи безпеки необхідно дотримуватись при роботі з електронними системами?
9. У чому полягає калібрування та адаптація електронних систем?
10. Які причини можуть призвести до збоїв у роботі ЕБУ?
11. Як стан електропроводки впливає на роботу систем керування?
12. Яке значення має оновлення програмного забезпечення електронних блоків?

ТЕМА 8 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТЯГОВИХ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ (ТАБ) В ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Якщо конструкція транспортного засобу не передбачає наявність класичного ДВЗ, і оснащується електричним двигуном, для його пуску використовується тяговий акумулятор. Такий тип акумуляторної батареї зустрічається на, тягачах, навантажувачах, електромобілях, гібридах тощо.

Ключова особливість, якою наділені акумуляторні тягові батареї, полягає у відсутності високих пускових струмів. Застосовують АКБ для забезпечення довгого і постійного живлення, оскільки накопичену енергію вони віддають протягом тривалого відрізка часу, можуть розряджатися практично повністю – до 5% від загальної напруги.

Акумулятор електричного транспортного засобу (EVB) або тяговий акумулятор є батареєю, що використовується для живлення двигуна акумуляторних електричних транспортних засобів (BEV). Акумулятори автомобіля зазвичай є вторинною (акумуляторною) батареєю. Тягові батареї використовуються у вилочних навантажувачах, електричних гольф-колах, електричних мотоциклах, електричних автомобілях, вантажних автомобілях, фургонах та інших електричних транспортних засобах. Батареї електричних транспортних засобів відрізняються від стартерних батарей, оскільки вони призначені для забезпечення потужності протягом тривалого періоду часу. Для цих застосувань замість батарей SLI використовуються акумулятори глибокого циклу.

Тягові батареї повинні бути спроектовані з високою потужністю ампер-години. Батареї для електричних транспортних засобів характеризуються відносно високим співвідношенням потужності до ваги, питомою енергією та щільністю енергії; менші, більш легкі батареї зменшують вагу автомобіля та покращують його дію. У порівнянні з рідким паливом, більшість сучасних технологій батареї мають набагато меншу питому енергію, і це часто впливає на максимальний загальний електричний діапазон транспортних засобів. Тим не менш, металоповітряні батареї мають високу питому енергію, оскільки катод забезпечується навколишнім киснем повітря. Акумуляторні батареї, що використовуються в електричних

транспортних засобах, включають свинцево-кислотні (Lead Acid), нікель-кадмієві (NiCd), нікель-металогідридні (NiMH), літій-іонні (Li-ion), літій-іонні полімери (LiPo). Найбільш поширеним типом батарей в сучасних електричних автомобілях є літій-іонні і літій-полімерні батареї, оскільки їхня висока енергетична щільність в порівнянні з їх вагою. Кількість електрики (тобто електричний заряд), що зберігається в батареях, вимірюється в ампер-годинах або в кулонах, причому загальна енергія часто вимірюється в Ватт-годинах. Батарея становлять істотну вартість електромобілів.

Станом на 2018 рік, декілька електричних автомобілів з більш ніж 500 км діапазону ходу, таких як Tesla Model S, твердо знаходяться в розкішному сегменті. Починаючи з кінця 1990-х років, досягнення в області технології акумуляторів були спричинені вимогами до портативної електроніки, таких як портативні комп'ютери та мобільні телефони. Ринок електромобілів пожинає переваги цих досягнень як в продуктивності, так і в щільності енергії. Батареї можна розряджати і перезаряджати щодня. Згідно з доповіді президента Mitsubishi Осамі Масуко, вартість батареї для Mitsubishi i-MiEV була скорочена у половині між 2009 та 2011. Вартість акумуляторів електромобілів скоротилася більш ніж на 35% з 2008 по 2014 роки. Передбачений ринок автомобільних тягових акумуляторів становить понад 37 мільярдів доларів у 2020 році. З точки зору експлуатаційних витрат, ціна електроенергії для користування електромобілем – це невелика частина вартості палива для еквівалентних двигунів внутрішнього згорання, що відображає більш високу енергоефективність. Вартість заміни батареї домінує над експлуатаційними витратами.

Свинцево-кислотні акумулятори є найдешевшими і в минулому найбільш поширеними тяговими батареями. Є два основних типи свинцевокислотних акумуляторів: батареї стартера автомобільних двигунів і батареї глибокого циклу. Автомобільні генератори призначені для забезпечення високих тарифів для стартерних батарей для швидких зарядів, тоді як батареї глибокого циклу, що використовуються для електричних транспортних засобів, таких як навантажувачі або вози для гольфу, а також допоміжні батареї будинку в RV, вимагають різної багатоступінчастої зарядки. Жодна свинцево-кислотна батарея не повинна розряджатися нижче 50% своєї ємності, оскільки вона скорочує термін служби акумулятора. Залиті батареї вимагають перевірки рівня електроліту та періодичної заміни води, яка відходить під час нормального циклу зарядки. Традиційно, більшість електричних автомобілів використовували свинцево-кислотні акумулятори завдяки їхній зрілій технології, високій доступності та низькій вартості (виняток: деякі ранні електромобілі, наприклад, Detroit Electric, використовували нікель-залізний акумулятор). вплив на навколишнє середовище через їх будівництво, використання, утилізацію або переробку.

На вершині, ставки автомобіля батареї переробки вершина 95% у Сполучених Штатах. Батареї свинцевих батарей глибокого циклу є дорогими і мають більш короткий термін служби, ніж сам автомобіль, як правило, потребують заміни кожні 3 роки.

Свинцево-кислотні батареї в приладах з електроприводом закінчуються значним (25–50%) частиною кінцевої маси автомобіля. Як і всі батареї, вони мають значно меншу питому енергію, ніж нафтові палива – у цьому випадку 30–40 Вт / кг.

Ефективність (70– 75%) і потужність зберігання поточного покоління звичайних свинцевокислотних акумуляторних батарей глибокого циклу знижується при більш низьких температурах, а відхиляюча потужність для роботи нагрівальної котушки знижує ефективність і досягає до 40%. Досягнення в ефективності батареї, потужності, матеріалів, безпеки, токсичності та довговічності, швидше за все, дозволять цим чудовим характеристикам застосовуватися в автомобілях розміром EV. Зарядка та експлуатація батарей зазвичай призводить до викиду водню, кисню та сірки, які є природними і зазвичай нешкідливими, якщо вони правильно вентильовані. Раніше власники електромобілей виявили, що, якщо не провітрюється належним чином, неприємні запахи сірки просочуються в кабінку відразу після зарядки.

Нікель-металгідридні батареї тепер вважаються відносно зрілою технологією. Хоча вони менш ефективні (60-70%) при зарядці та розряді, ніж навіть свинцево-кислотні, вони мають питому енергію 30–80 Вт / кг, що набагато вище, ніж свинцево-кислотних. При правильному використанні, нікель-металеві гідридні батареї можуть мати виключно довге життя, як було продемонстровано в їх використанні в гібридних автомобілях і вижили NiMH RAV4 EV, які все ще працюють добре після 100 000 миль (160 000 км) і більше десяти років служби.

Недоліки включають погану ефективність, високий рівень саморозрядки, дуже переконливі цикли заряду і низьку продуктивність в холодну погоду. GM Ovonic виробляє NiMH батарею, що використовується в другому поколінні EV-1, і Cobasys робить майже ідентичну батарею (десять 1,2 V 85 Ah NiMH клітини в серії на відміну від одинадцяти клітин для батареї Ovonic). Це дуже добре працювало в EV-1. Патентне обтяження обмежило використання цих батарей в останні роки.

Акумулятор натрію або «зебра» використовує розплавлений хлоралюмінат натрію (NaAlCl₄) в якості електроліту. Ця хімія також іноді називають «гарячою сіллю». Відносно зріла технологія, батарея Zebra має питому енергію 120Wh / kg і розумний рядний опір. Оскільки акумулятор повинен бути підігрітий для використання, холодна погода не впливає сильно на його роботу, за винятком збільшення витрат на опалення. Вони були використані в декількох електромобілях. Зебри можуть тривати кілька

тисяч циклів заряду і є нетоксичними. Недоліки батареї Zebra включають погану 15 потужність.

Літій-іонні батареї широко відомі для використання в портативних комп'ютерах та побутовій електроніці, переважають у найсучаснішій групі електростанцій в процесі розробки.

Традиційна літій-іонна хімія включає катод оксиду літію кобальту і графітовий анод. Це дає клітини з вражаючою специфічною енергією 200+ Wh / kg і високою питомою потужністю з ефективністю заряду / розряду від 80 до 90%. Недоліком традиційних літій-іонних батарей є короткий цикл життя (сотні до кількох тисяч циклів заряду) і значне погіршення з віком. Матеріал катода також дещо токсичний.

Традиційні літій-іонні батареї створюють ризик пожежної безпеки при проколі або неправильному заряді. Ці ранні клітини не приймають і не подають заряд при надзвичайно холодному, і тому в деяких кліматичних умовах для обігріву можуть знадобитися нагрівачі. Зрілість цієї технології є помірною. Tesla Roadster (2008) використовує групи традиційних літій-іонних акумуляторів в корпусі 18650, що широко використовуються в акумуляторах для ноутбуків, які можуть бути замінені індивідуально, коли це необхідно.

Останні електростанції використовують нові варіанти літій-іонної хімії, які жертвують специфічною енергією та питомою потужністю для забезпечення вогнестійкості, екологічності, швидкої зарядки (так само швидко, як за кілька хвилин) і довших термінів служби. Показано, що ці варіанти (фосфати, титанати, шпінелі тощо) мають набагато більш тривалий термін служби, причому типи A123 використовують фосфат заліза літію тривалістю не менше 10+ років і 7000+ циклів заряду / розряду, і LG Chem їхні літій-марганцеві шпінельні батареї триватимуть до 40 років. Велика робота проводиться на літій-іонних батареях в лабораторії.

Оксид ванадію літію вже пробився в прототип G4e Subaru, що збільшує щільність енергії. Кремнієві нанопроводники, наночастинки кремнію, і наночастинки олова обіцяють в аноді в кілька разів більшу щільність енергії, тоді як композит і надгратка катода також обіцяють значні поліпшення щільності.

Прототипи літій-іонно-полімерної батареї на 50 Вт / год. Нові літій-іонні елементи можуть забезпечувати до 265 Вт / кг і триватимуть через тисячі циклів зарядки. У 2010 році вчені з Технічного університету Данії заплатили 10 000 доларів за сертифікований акумулятор EV з потужністю 25 кВт-год (тобто 400 доларів за кіловат-годину).

Скорочення витрат за рахунок досягнень в технології акумуляторів і більш високих обсягів виробництва дозволить електричним автомобілям, що підключаються, бути більш конкурентоспроможними зі звичайними транспортними засобами з двигунами внутрішнього згорання.

Контрольні питання

1. Яке призначення тягової акумуляторної батареї в електромобілі?
2. Які типи акумуляторів застосовуються в сучасних електромобілях?
3. Що таке система керування батареєю (BMS) і які її функції?
4. Які параметри контролюються під час технічного обслуговування ТАБ?
5. Що означають показники SOC і SOH?
6. Які фактори впливають на ресурс тягової батареї?
7. Чому важливо контролювати температурний режим ТАБ?
8. Які заходи безпеки необхідно дотримуватися при обслуговуванні високовольтної батареї?
9. Які ознаки свідчать про погіршення технічного стану батареї?
10. Як впливає режим заряджання на довговічність ТАБ?
11. Які види діагностики застосовуються для оцінки стану батареї?
12. У чому полягає профілактичне обслуговування тягової батареї?
13. Які наслідки може мати порушення правил експлуатації ТАБ?
14. Як програмне забезпечення впливає на роботу батарейної системи?

ТЕМА 9 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМИ ЗАПАЛЮВАННЯ, ГЕНЕРАТОРА, РЕЛЕ-РЕГУЛЯТОРА ТА СТАРТЕРА

Енергосистему автомобіля (рис. 9.1) можна розділити на дві частини: підсистема генерування електричної енергії та підсистема розподілу енергії. У першій системі основним електронним вузлом є генератор змінного струму з електронним регулятором напруги (РН). Регулятор повинен підтримувати постійну напругу бортової мережі автомобіля незалежно від частоти обертання генератора та навантаження, а також забезпечувати термоденатурацію напруги.

В даний час генератори оснащуються регуляторами напруги, виконаних на інтегральних мікросхемах та переважно вбудованих у генератор. За принципом роботи РН ділять на аналогові та імпульсні (цифрові). Аналогові ще називають регуляторами з амплітудною модуляцією, тобто плавною зміною струму в обмотці збудження. Такі регулятори мають підвищене тепловиділення і як наслідок низькою надійністю.

Імпульсні РН мають більш високу надійність, менші габарити внаслідок високої швидкості включення силового транзистора, отже малим тепловиділенням.

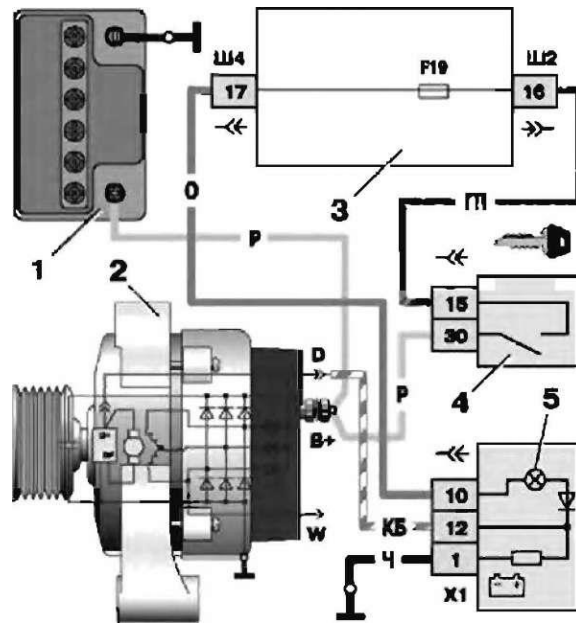


Рисунок 9.1 – Схема з'єднань генераторної установки ЗАЗ 11-02

- 1 – акумуляторна батарея; 2 – генератор; 3 – монтажний блок;
 4 – вимикач запалювання; 5 - контрольна лампа заряду акумуляторної батареї, розташована в комбінації приладів

За принципом роботи цифрові регулятори бувають із частотною модуляцією (ЧМ) та широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ). Перші працюють на різних частотах перемикання, що може викликати ефект самозбудження РН і вихід його з ладу. Регулятори з ШІМ працюють на одній частоті, а середній струм в обмотці збудження змінюється зміною шпаруватістю імпульсів. Саме такі регулятори знайшли найбільше поширення у сучасних автомобілях, хоч і мають складнішу електричну схему. Регулятор повинен забезпечувати термокомпенсацію напруги бортової мережі автомобіля з метою повнішої зарядки АКБ при різних температурах електроліту. Проте більшість РН підтримує напругу на своїх висновках, а не на висновках АКБ. Найбільш досконалі РН мають окремий сигнальний провід від АКБ та температурний датчик, що встановлюється на корпусі акумуляторної батареї [3].

Зарубіжні фірми робили спробу впровадження мікропроцесорних регуляторів, проте внаслідок жорстких температурних умов та порівняно високої вартості не знайшли масового поширення.

Для отримання електричної енергії іншого рівня напруги або вищого рівня стабільності застосовують електронні стабілізатори, перетворювачі напруги. Для більш низьких напруг застосовуються інтегральні стабілізатори з ємнісними фільтрами. Для підвищення напруги можливе застосування імпульсних перетворювачів, зокрема інтегральних.

Основним критерієм поділу систем проводки є метод управління споживачем електричної енергії. Традиційна система проводки, в якій передача енергії та управління споживачем здійснюється по одному силовому дроту, зазвичай плюсового. Однопровідну проводку називають, коли загальним проводом є кузов автомобіля. Однак кузов автомобіля, як провідник має невисокі характеристики, в силу неоднорідності конструкції, тому досить часто найбільш важливі споживачі мають додатковий негативний провід, тобто двопровідну систему проводки.

При розподілі енергії застосовуються два типи електричної проводки:

- одно- та двопровідна система;
- мультиплексне проведення (із застосуванням інформаційної шини).

Головними недоліками традиційної системи є металом кістка, значна довжина і велика кількість комутаторів, за рахунок збільшення кількості незалежних колоїв управління споживачами. Тож якщо 1960 р. електромережа легкового автомобіля становила – 200 м, нині вона збільшилася на порядок, та її загальна маса досягла 50 кг. Крім того, вона містить близько 2000 контактних роз'ємів, розгалужень, запобіжників тощо. Вважається, що їх кількість кожні 10 років подвоюється. Що породжує безліч проблем, пов'язаних із вартістю, габаритними розмірами, масою, гнучкістю, проектуванням, виробництвом, монтажем, надійністю та пошуком несправностей у бортових системах електроустаткування. Тому багато фахівців вважають, що потрібні нові принципи організації цих систем.

Для вирішення завдання ефективного керування великою кількістю споживачів можливе застосування двох технологій:

- двопровідна система з частотною модуляцією, цифровим сигналом управління силовим проводом;
- застосування інформаційної шини – мультиплексної проводки.

У першій технології за силовим проводом передається цифровий закодований сигнал, який сприймає дешифратор споживача, і у разі ідентифікації керуючої команди включається споживач через електронний комутатор. Система не вимагає додаткових шин управління, проте збільшує кількість перешкод у бортовій мережі автомобіля, а при великій кількості споживачів ускладнює шифратори сигналу та знижує стійкість до перешкод системи управління. Таким чином, подібна технологія ефективна при невеликій кількості споживачів, що визначило їхнє застосування в охоронних автомобільних комплексах.

Поява в автомобілі кількох мікропроцесорних систем і збільшення їхньої ролі в безпеці автомобіля зажадала впровадження нової технології управління споживачами цих систем – мультиплексної проводки, тобто на основі інформаційної шини (електронно-обчислювальної мережі) на автомобілі. У такій проводці керування здійснюється за окремою

інформаційною шиною, яка з'єднує всі мікропроцесори автомобіля. Управляючий сигнал має цифровий вигляд і після дешифрування електронний комутатор включає або вимикає споживач.

Система пуску двигуна.

Система пуску двигуна внутрішнього згоряння (ДВС) складається з електродвигуна постійного струму змішаного збудження, акумуляторної батареї, силової та керуючої проводки, вузла включення та блокування стартера.

Таким чином, електронному управлінню піддається стартер на режимі вимикання і блокування пуску при ДВС, що працює.

Реалізовано вузол електронного блокування включення стартера може бути по-різному: у вигляді окремого блоку, і як підсистема контролера мікропроцесорного керування двигуном.

В останній системі управління двигуном живлення на обмотку втягує реле стартера надходить через контакти додаткового реле, рисунку 9.2 [1].

Контролер управляє включенням/вимкненням додаткового реле-стартера залежно від частоти обертання колінчастого валу та часу прокручування двигуна стартером. Після встановлення ключа запалювання в положення «Стартер» і частоті обертання колінвала не більше 500 хв^{-1} контролер подає сигнал на додаткове реле і таким чином включає стартер.

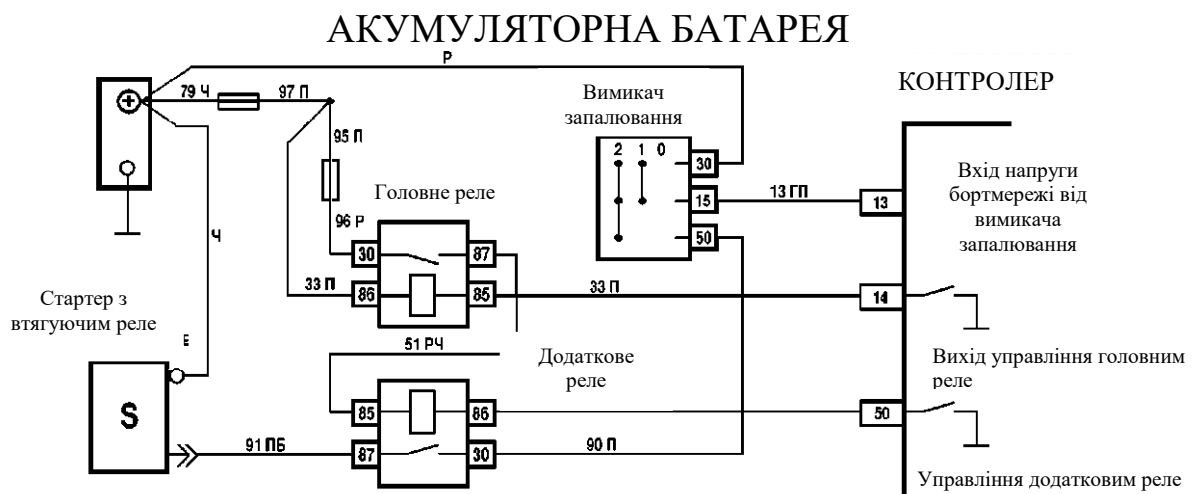


Рисунок 9.2 – Схема електронного блокування включення стартера ЗАЗ 11-02

Після свого включення стартер працюватиме до тих пір, поки ключ запалення перебуватиме не більше 20 секунд у положенні «Стартер» за умови, що отриманий «правильний» пароль від іммобілізатора і частота обертання колінчастого валу не збільшилася до 500 хв^{-1} .

Другим видом електронної системи керування стартером є система дистанційного пуску двигуна. Найчастіше вона входить до складу автосигналізації.

Функція дистанційного запуску системи дозволяє дистанційно запустити двигун автомобіля та контролювати його роботу протягом запрограмованого періоду часу. Це дозволяє наперед прогрівати двигун автомобіля, а також встановлювати комфортну температуру всередині салону автомобіля за допомогою штатної системи клімат-контролю або кондиціонера. Для пуску ДВС блок має, як правило, три силові реле для управління запалюванням, стартером і реле блокування системи.

Якщо двигун автомобіля не запуститься протягом запрограмованого проміжку часу, система відключить стартер і через кілька секунд автоматично спробує запустити двигун автомобіля ще раз.

Тільки в тому випадку, якщо двигун автомобіля не буде запущено після трьох спроб, система скасує виконання процедури запуску автомобіля.

Через 90 секунд після успішного запуску двигуна (або через проміжок часу, запрограмований функцією) система також включить всі попередньо підключені додаткові пристрої автомобіля (клімат-контроль, кондиціонер, обігрівач і т.д.).

Двигун буде автоматично зупинено через заздалегідь запрограмований час, або:

- при перевищенні або зниженні рівня обертів холостого ходу;
- при відкритті капота автомобіля;
- при натисканні на педаль гальма;
- при знятті важеля управління коробкою передач з положення "PARK" (для автоматичної коробки) або з нейтрального положення (для автоматичної коробки);
- при спрацьовуванні системи (якщо двигун було дистанційно запущено, коли система перебувала в режимі охорони);
- при зупинці двигуна дистанційно за допомогою передавача або за допомогою вимикача управління запуском двигуна.

Найбільш складною системою управління стартером є система управління гібридною установкою «стартер-генератор».

Такі системи можна розділити на два види: виносні електричні машини змінного струму, що забезпечують пуск та генерацію енергії. Одним із таких є система «СпідСтарт 12» фірми «Вістеон» [2]. Замість існуючих довгі десятиліття стартера і генератора з'являється лише одна оборотна трифазна електромашина. Залежно від команд електронного блоку вона стає двигуном, що запускає ДВС, то генератором, здатним віддавати в бортову мережу до 3 кВт потужності. Зв'язок зі шківом колінчастого валу традиційний – полікліновим ременем. Охолодження – рідинне від системи автомобіля. В комплект входять ремінна передача, що дозволяє передавати необхідний момент, що крутить, суха акумуляторна батарея і електронний блок управління. З'являється можливість продати режим «стоп-старту» в міських пробках. Старт виходить справді швидкий: при відпусканні педалі

гальма маховик розкручується лише за 400 мс. Як стверджують виробники, такий стартер-генератор заощадить у середньому близько 0,35 л/100 км.

Другим видом є система "стартер-генератор", інтегрована з маховиком, рисунок 9.3. Такі системи пропонують різні фірми: Honda – система ISG, Citroen – ІСАД (Інтегрований стартер-альтернатор (генератор) – демпфер). Як і в звичайних електромоторах, принцип роботи нового пристрою ґрунтується на силовому впливі електромагнітного поля.

Однак тепер ротором стартера-генератора служить сам маховик (звичайно, без звичного зубчастого вінця), навколо якого розміщені обмотування статора. Управляюча вузлом електроніка сама вирішує, в якому режимі – стартера або генератора – повинен працювати ІСАД в даний момент.

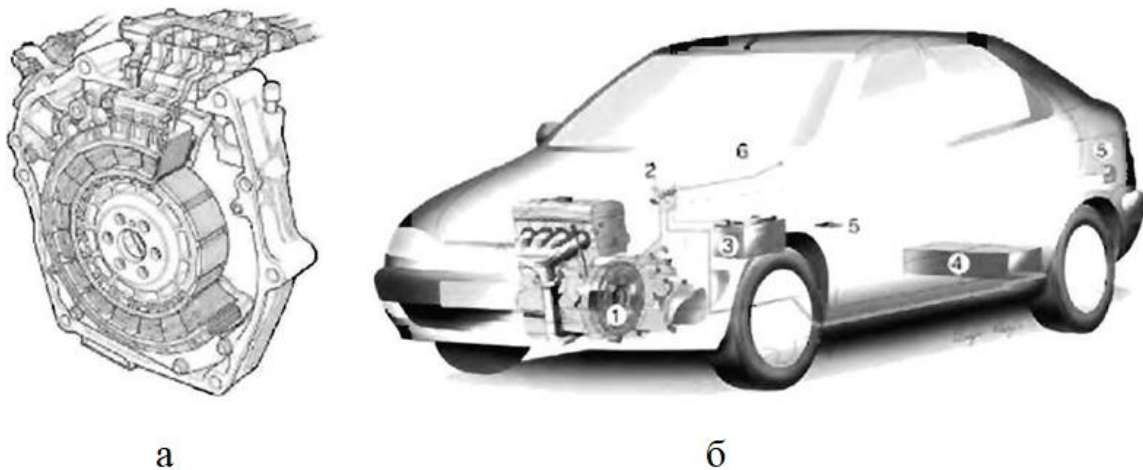


Рисунок 9.6 – Безщітковий альтернатор/стартер (а) система ІСАД (б)
1 – стартер-генератор; 2 – блок управління; 3 – акумулятор;
4 конденсаторний накопичувач енергії; 5 – розетка 220 В;
6 - коло 42 В кондиціонера

Економія палива у міському циклі може становити до 35%. Крім стандартних 12 В, виробляються ще 42 В для живлення кондиціонера, 100 В для роботи системи упорскування та запуску. Більше того, ККД нового генератора досягає 80% у всьому діапазоні частот обертання двигуна, що додатково заощаджує близько 0,5 л палива на 100 км.

Контрольні питання

1. Яке призначення системи запалювання в автомобілі?
2. Які основні елементи входять до складу системи запалювання?
3. Які види систем запалювання застосовуються в сучасних автомобілях?
4. У чому полягає технічне обслуговування свічок запалювання?
5. Які ознаки несправності системи запалювання?

6. Яке призначення генератора в електрообладнанні автомобіля?
7. Як перевіряється робота генератора?
8. Яку функцію виконує реле-регулятор напруги?
9. Які несправності можуть виникати в генераторі?
10. Яке призначення стартера?
11. Які ознаки несправності стартера?
12. У чому полягає технічне обслуговування стартера?
13. Як впливає стан контактів на роботу електрообладнання?
14. Які заходи безпеки необхідно дотримуватись під час обслуговування електросистеми?

ТЕМА 10 ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ АВТОМОБІЛІВ. ТО ПРИЛАДІВ ОСВІТЛЕННЯ І КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

При опрацюванні даної теми особливу увагу слід звернути на несправності електричних схем та приладів освітлення. Найчастіше зустрічаються такі несправності приладів освітлення та сигналізації.

Система освітлення та світлової сигналізації не працює. Основні причини: обрив у загальному ланцюзі (від амперметра до центрального перемикача); порушення контакту у перемикачі.

Не горять окремі лампи фар та ліхтарів. Основні причини: перегорання запобіжника; перегорання або обрив нитки розжарювання лампи; порушення контакту у сполучних колодках; порушення контакту в патроні лампи; ненадійне кріплення наконечників дротів на висновках; несправність (окислення контактів, розрегулювання реле) допоміжного реле включення (якщо воно є); вихід з ладу вимикача чи перемикача.

Часте перегорання ниток ламп розжарювання. Основні причини: підвищена напруга генераторної установки; обрив жили дроту та періодичний контакт обірваних кінців внаслідок вібрації; поганий контакт дроту у місцях з'єднань; періодичне замикання на "масу" в колі електропостачання світлових приладів.

Не перемикається ближнє та дальнє світло фар головного освітлення. Основні причини: перегоріла лампочка; несправний перемикач ближнього та далекого світла фар головного освітлення.

Не фіксуються важелі перемикачів показчиків повороту та світла фар. Основні причини: руйнування гнізд фіксаторів важеля; вискакування кульки фіксатора.

Вказівники повороту не вимикаються автоматично після завершення маневрування. Основна причина: сильне зношування або руйнування механізму, що забезпечує повернення важеля перемикача показчиків повороту в нейтральне положення.

Важелі перемикачів покажчиків повороту і світла фар не переміщуються. Основна причина: заїдання кульок фіксаторів важеля, сектора повернення важеля перемикача.

Фари погано освітлюють дорогу. Основні причини: порушення регулювання фар; пошкодження або потьмарення відбивача; забруднення розсіювача; затемнення колби лампи розжарювання.

При тривалій експлуатації змінюються оптичні властивості розсіювачів, які піддаються впливу твердих частинок та сонячних променів. Відносно м'які розсіювачі з пластмаси покриваються мікробладинами та сіткою подряпин, барвники вицвітають, у розсіювача змінюється колір та збільшується коефіцієнт пропускання. Розсіювач може втратити форму під час перегріву, якщо лампа великої потужності (21 Вт) тривалий час працює під час стоянки автомобіля. При наявності на кольоровому розсіювачі сколів або тріщин сигнал світлового приладу сприймається двоколірним, білий колір може придушити основний колір сигналу, спотворити інформацію, що передається, і посилити сліпучу дію світлового приладу. Пошкоджені розсіювачі необхідно замінити.

Не допускається самостійна заміна розсіювача круглої фари. Розсіювачі круглих фар орієнтовані відносно посадкового місця під лампу, що забезпечується тільки в заводських умовах, тому замінюють весь оптичний елемент. Рішення про заміну оптичного елемента фари приймають за результатами вимірювання сили світла при номінальній напрузі на лампах та правильному їх регулюванні.

Оптичні властивості робочої поверхні відбивачів світлових приладів зазвичай порушуються через корозію при недостатній вентиляції. Не можна протирати робочу поверхню, тому що це призводить до утворення подряпин та спотворення структури світлового пучка. Світлорозподіл приладу змінюється також при порушенні форми відбивача, відшаруванні алюмінієвого покриття від його робочої поверхні.

Дуже специфічно проявляється порушення контакту світлового приладу з масою. У двофарних системах освітлення у фарі, яка не має контакту з корпусом автомобіля, дуже слабо світяться обидві нитки лампи, оскільки при включенні ближнього світла нитка ближнього світла з'єднується з корпусом через нитки далекого світла ламп обох фар. При цьому світиться контрольна лампа далекого світла. З меншою світловою віддачею працюватимуть у проблісковому режимі обидва задні покажчики повороту при порушенні контакту з «масою» біля заднього групованого світлового приладу. При цьому можуть горіти лампи інших сигнальних ліхтарів.

Обрив у колоах електропостачання джерел світла внаслідок перегорання ниток ламп розжарювання або порушення з'єднань у мережі та комутаційній апаратурі призводить до раптових відмов. Ці несправності

можна знайти зовнішнім оглядом світлових приладів. Погіршення в процесі експлуатації світлотехнічних характеристик окремих світлових приладів призводить до поступової відмови системи. Несправності, пов'язані з поступовою відмовою, можуть бути виявлені тільки при використанні спеціальних вимірювальних приладів.

Найголовніші вимоги до світлових приладів: правильний напрямок світла фар; сила світла фар та світлових приладів, частота миготіння поворотів. Для перевірки виконання зазначених вимог використовуються спеціальні прилади.

Основним вузлом приладу для перевірки та регулювання світла фар є оптична камера (рисунок 10.1).

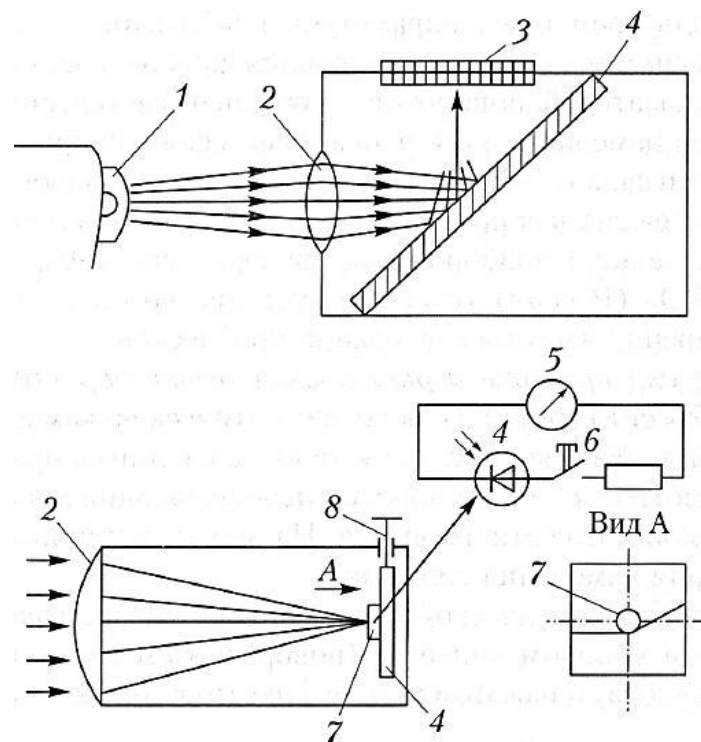


Рисунок 10.1 – Схема оптичної камери приладу для перевірки та регулювання світла фар:

1 – фара; 2 – лінза Френеля; 3 – матовий напівпрозорий екран;
4 – дзеркало; 5 - показує прилад; 6 – вимикач; 7 – фотоелемент; 8 – пристрій для переміщення у вертикальній площині

Оптична камера складається з лінзи Френеля 2, що концентрує світло фар на розташований від неї на відстані 100...500 мм екран 3. Екран забезпечений пристроєм 8 для його переміщення у вертикальній площині (стійки), а на поверхні нанесена розмітка. У фокусі лінзи встановлений фотоелемент 7, який через вимикач 6 підключається до показуючого приладу 5.

Застосування лінзи Френеля обумовлено тим, що у разі перпендикулярності вхідного світлового потоку до площини лінзи

зображення на вимірювальному екрані при зміщенні геометричного центру фари щодо центру лінзи в межах +30 мм у всіх напрямках не змінюється. Це значно прискорює процес перевірки, оскільки відпадає необхідність чіткого поєднання центрів лінзи та контрольованої фари.

Силу світла ліхтарів (сигналів гальмування, габаритних вогнів, покажчиків поворотів та аварійної сигналізації та ін.) вимірюють за допомогою пари фотоелемент – мікроамперметр або люксетрами, як правило, вбудованими в прилади для перевірки фар. Розташовувати фотоелемент доцільно на відстані 2,5...3,0 м від ліхтаря, що перевіряється.

Контроль тимчасових параметрів пробісків - часу до першого запалення, частоти проміжків, шпаруватості ліхтарів покажчиків поворотів забезпечується синхронним включенням вимірювального блоку і кола ліхтаря при індикації світлового сигналу від джерела світла покажчиків поворотів. Тимчасові інтервали, як правило, вимірюють за допомогою секундоміра. Деякі моделі приладів для перевірки світла фар, наприклад, «ГАРО», оснащені пристроєм для автоматичного вимірювання частоти пробісків.

Прилад для перевірки та регулювання світла фар моделі ОПК «ГАРО» (рис. 10.2) включає оптичну камеру, яка є корпусом, де встановлені: лінза, бульбашковий рівень, оглядове скло та екран, що переміщається по вертикалі за допомогою відлікового лімба. На екрані встановлено фотоелементи для вимірювання сили світла.

Переміщення оптичної камери по висоті проводиться при ослабленому гвинті 16 (повертається проти годинникової стрілки до упору) і натиснутому важелі фіксатора 18. При цьому камера підтримується за ручку 17, розташовану з протилежного боку камери. Фіксація камери на потрібній висоті здійснюється при відпусканні важеля фіксатора і закручуванні наполегливого гвинта 16 за годинниковою стрілкою до упору. Висота установки контрольованої фари визначається (міліметрами) за шкалою на стійці 19 по верхньому краю кронштейна фіксатора 14.

Установка оптичної осі приладу в горизонтальній площині здійснюється за бульбашковим рівнем поворотом оптичної камери щодо осі гвинта 15 і фіксується ручкою 17.

Орієнтуючий пристрій щілинного типу призначений для установки оптичної осі приладу паралельно осі транспортного засобу, що перевіряється. Орієнтуючий пристрій 10 встановлюється в один з трьох отворів стійки через упорну гайку 11 дві шайби 12 і фіксується ручкою 13.

Прилад моделі «ГАРО» на відміну від приладів подібного типу дозволяє вимірювати частоту пробісків покажчиків поворотів (у герцах) $1,5 + 0,5$, що відповідає (90 ± 30) пробісків за хвилину, яка визначається одночасно із силою світла поворотів. Окрім звичайного світла фар на даному приладі можна вимірювати силу світла фар із ксеноновими

лампочками. Прилад має вихід для інформаційного обміну з ЕОМ за інтерфейсом з можливістю передавати дані вимірювань у центральний комп'ютер та друкувати результати вимірювань.

Робочий майданчик, на якому розміщують транспортний засіб, що перевіряється, і прилади для перевірки фар, повинен бути горизонтальним з нерівностями не більше 3 мм на 1 м. Перевірка фар повинна проводитися в приміщеннях, що виключають вплив прямих сонячних променів на оптичну систему приладу. При підготовці приладу до роботи слід відрегулювати положення оптичної камери бульбашкового рівня; допускається не паралельність щодо робочого майданчика трохи більше $\pm 2^{\circ}$.

Технічне обслуговування світлових приладів включає щоденне обслуговування (ЩО), ТО-1 та ТО-2.

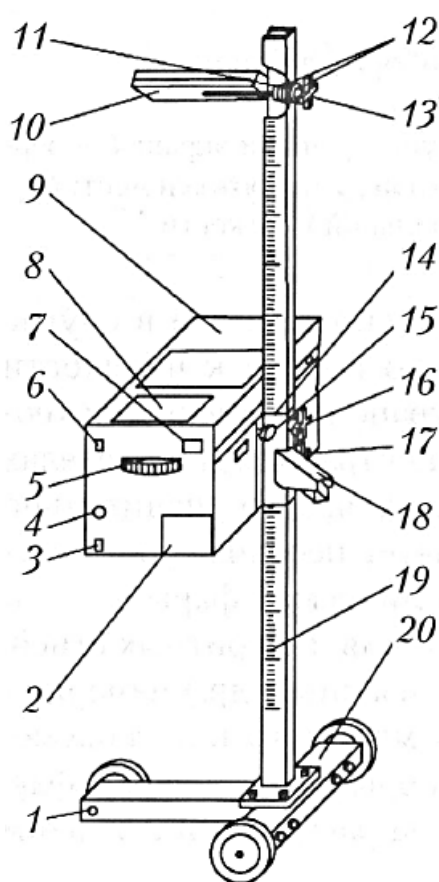


Рисунок 10.2 – Прилад для перевірки і регулювання фар

1 – вісь; 2 – кришка; 3 – роз'єм для підключення комп'ютера; 4 – роз'єм для підключення зарядного пристрою; 5 – відліковий лімб; 6 – клавіша для включення живлення приладу; 7 – клавіша для перемикання світла фар; 8 – панель приладів; 9 – оптична камера; 10 - орієнтуючий пристрій; 11 - зав'язта гайка; 12 - шайби; 13 – ручка орієнтуючого пристрою; 14 – кронштейн фіксатора; 15 - вісь гвинта; 16 - зав'язтий гвинт; 17 – ручка оптичної камери; 18 - важіль фіксатора; 19 – стійка; 20 - основа

ЩО. Перевірити: стан розсіювачів; роботу всіх світлових приладів у різних положеннях вимикачів та перемикачів світла, справність контрольних ламп; роботу контрольно-вимірювальних приладів автомобіля на ходу. Особливу увагу потрібно звернути на колір передніх і задніх ліхтарів у включеному стані, на правильність функціонування сигналів гальмування та покажчиків повороту.

ТО-1. Перевірити дію: звукового сигналу; ламп щитка приладів, освітлення та сигналізації; контрольно-вимірювальних приладів, фар, підфарників, задніх ліхтарів; стоп-сигналу та перемикача світла.

ТО-2. Перевірити: кріплення та дію підфарників, задніх ліхтарів та стоп-сигналу, покажчиків поворотів, ламп щитка приладів та звукового сигналу; встановлення, кріплення та дія фар. Крім того, відрегулювати напрямок світлового потоку фар, очистити від бруду поверхню та клеми ного перемикача світла та вмикача стоп-сигналу.

Контрольні питання

1. Що таке електрична схема автомобіля і яке її призначення?
2. Які основні елементи входять до електричної схеми?
3. Які типи електричних схем застосовуються в автомобілях?
4. Яке призначення запобіжників і реле в електричній системі?
5. Які основні прилади зовнішнього освітлення автомобіля?
6. У чому полягає технічне обслуговування фар?
7. Чому важливе правильне регулювання світла фар?
8. Які причини можуть викликати несправність освітлювальних приладів?
9. Яке призначення контрольно-вимірювальних приладів?
10. Які прилади входять до складу щитка приладів?
11. Як здійснюється перевірка справності датчиків?
12. Які ознаки несправності електропроводки?

ТЕМА 11 СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ОБСЛУГОВУВАННЯ

На сьогоднішній день, електромобілі поділяють на такі види:

Гібридний автомобіль (HEV – Hybrid Electric Vehicle) працює з паралельним використанням електромотору, який живиться від акумуляторних батарей та бензинового двигуна, що отримує паливо з бензобаку. При цьому, акумулятори не можуть заряджатись від зовнішніх джерел та мають дуже малий запас ходу на електротязі.

«Plug-in» гібриди (PHEV – Plug-in Electric Vehicle) або приєднувальні гібриди поділяється на наступні типи:

– Паралельні (parallel hybrid). Поєднують роботу електричного та бензинового двигуна та допускають можливість підзарядки батарей від мережі, що дозволяє долати значні відстані за допомогою електротяги.

– Послідовно-паралельні (power-split hybrids). Приєднувальні гібриди, які можуть працювати або як послідовні, або як паралельні з електромотором у якості основного приводу.

– Послідовні (REEV - Range Extended Electric Vehicle). Приєднувальні гібриди з «генератором у багажнику», в яких двигун приводить у дію генератор, що виробляє енергію для акумуляторних батарей, що живлять електродвигун. АКБ автомобілів такого типу можна заряджати від мережі. Електромобілі (BEV – Battery Electric Vehicle) їздять за допомогою електродвигуна, який живиться від енергії акумуляторних батарей, які заряджаються від зовнішніх джерел енергії. Електромобілі на паливних елементах (FCEV – Fuel Cells Electric Vehicle) перетворюють водень в електричну енергію, завдяки якій автомобіль рухається. Типи електромобілів показані на рисунку 11.1.

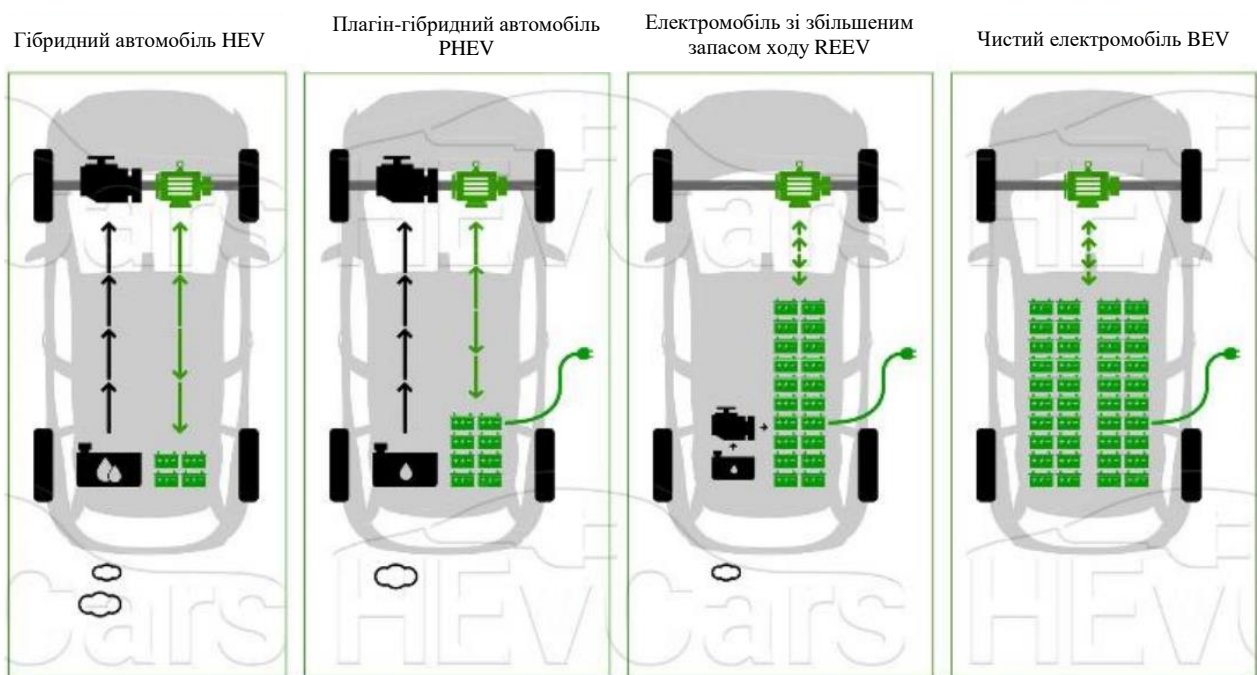


Рисунок 11.1 – Типи електромобілів

Переваги електромобілів наступні:

- Електродвигун має малу вагу;
- Довговічність і простота в обслуговуванні;
- Екологічність;
- Високий ККД;
- Підзарядка при зниженні швидкості, т.н. рекупераційне гальмування
- Двигун фактично не виробляє звук;
- Економічність у використанні;

- Обслуговування та огляду вимагає виключно ходова частина;
- У електрокарі немає паливної системи, масла, свічок і безлічі інших деталей, які присутні в класичних автомобілях і ускладнюють експлуатацію;
- Надійність і довговічність експлуатації, виходячи з того, що ламатися просто нема чому;

В той же час, електромобілі мають деякі суттєві недоліки:

- Дорожче автомобілів з ДВЗ;
- Менша дальність ходу, ніж у автомобілів з ДВЗ;
- Потребують розвинену інфраструктуру зарядних станцій швидкого заряду;
- Довгий час зарядки;
- Можлива відсутність запчастей через відсутність офіційних представників популярних моделей на українському ринку.

Темпи продажів (рис.11.2) електромобілів в усьому світі зростають з кожним роком, і навіть, незважаючи на кризу, викликану пандемією коронавірусу, експерти передбачають продовження зростання, коли криза завершиться[4].

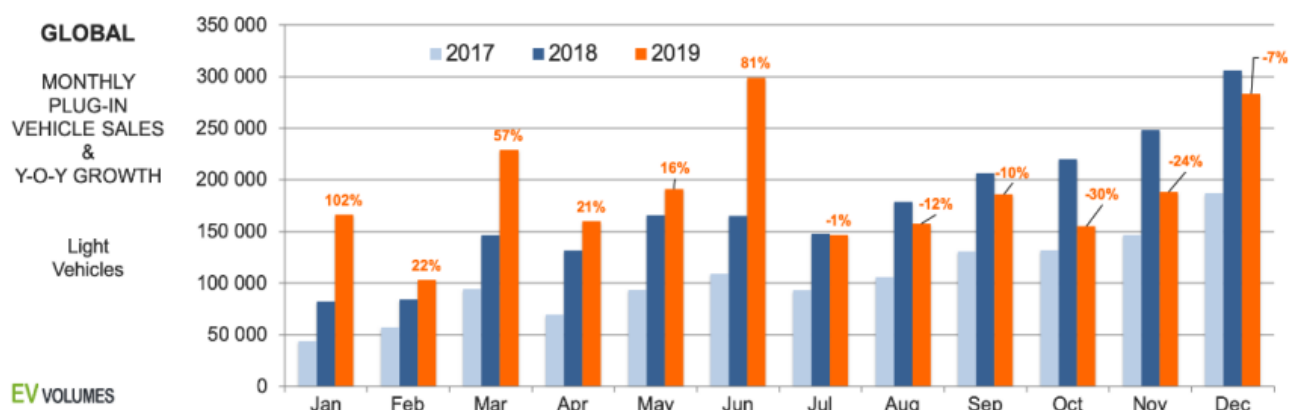


Рисунок 11.2 – Продажі електромобілів у світі помісячно за 2017-2019 роки за даними ev-volumes.com

Основні два фактори, які зупиняють українського споживача від купівлі електромобіля – це нерозвинена інфраструктура зарядних станцій та невеликий запас ходу наявних на ринку автомобілів для міжміських подорожей. Якщо проблему невеликого запасу ходу вирішують безпосередньо автовиробники та вчені, розвивати інфраструктуру доводиться або державі, або приватним компаніям. Незважаючи на те, що міська інфраструктура зарядних пунктів та станцій в нашій країні розвивається швидко, в країні не вистачає потужних зарядних станцій на міжміських дорогах, що гарно видно на рисунку 11.3, на якому потужні станції позначені помаранчевим кольором.

Зелені логотипи – це публичний зарядний пункт, помаранчеві – зарядний пункт зарядки високої швидкості. Зарядна станція- це елемент інфраструктури, який слугує для зарядки електромобілів. Враховуючи зростаючу кількість електромобілів, потрібно збільшувати кількість зарядних пунктів та зарядних станцій, для підтримки зросту попиту на автомобілі, що живляться за рахунок електрики.

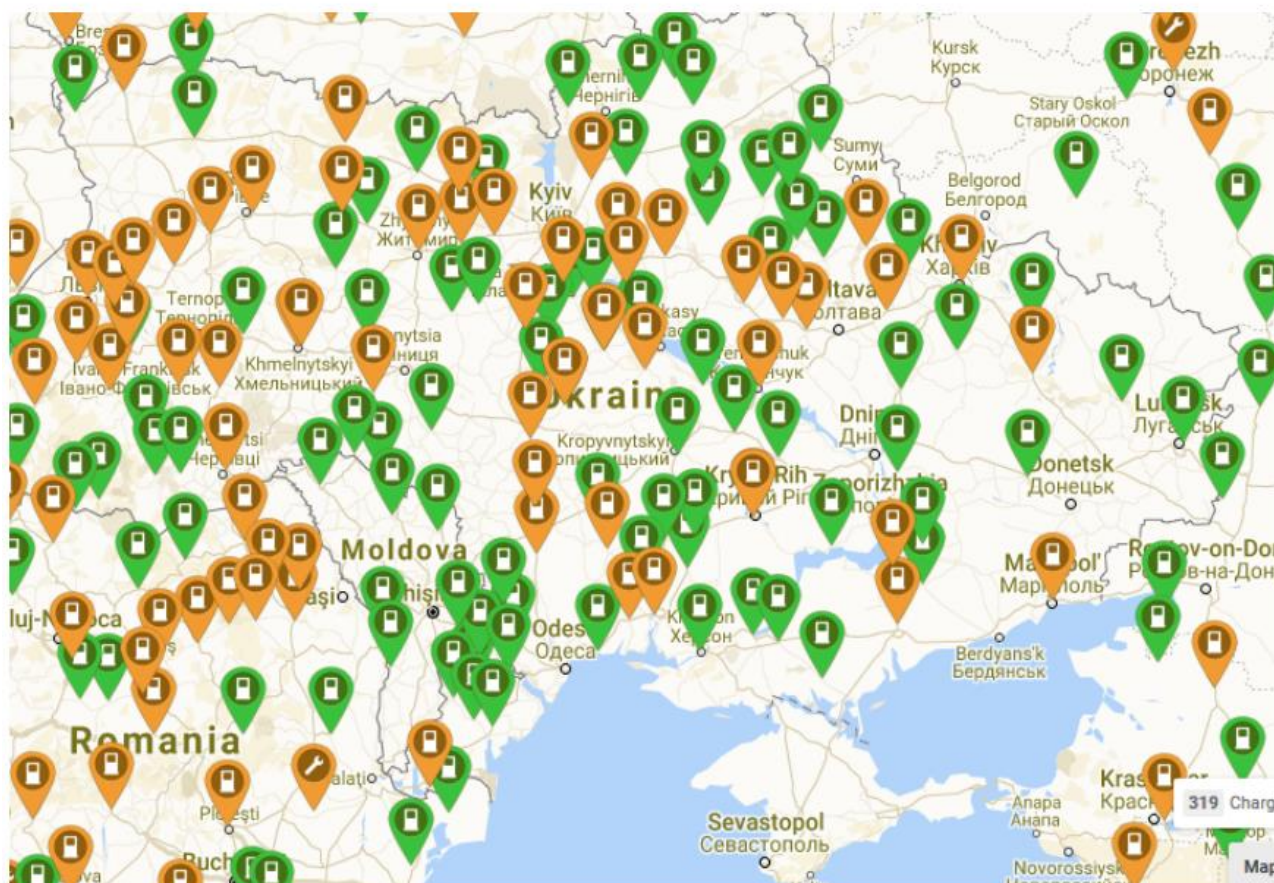


Рисунок 11.3 – Карта зарядних пунктів та станцій України за даними ресурсу [plugshare.com](https://www.plugshare.com).

Головний параметр зарядних станцій - це стандарт зарядки. Їх існує два: американський (рис.11.4) та європейський (рис. 11.5). Американський з'явився раніше, і до нього відносять 3 рівня зарядки:

- Level 1 – потужність зарядки 1.4кВт – 1.9 кВт, зарядний струм змінний;
- Level 2 – потужність зарядки 2.5кВт – 19.2 кВт, найчастіше 7 кВт, зарядний струм змінний;
- Level 3 – найпотужніший рівень (до 240 кВт), найчастіше – 50кВт, зарядний струм може бути змінним або постійним, постійний заряджає швидше.

Рівень 1:

- Живлення з домашньої розетки;

- Використовується зарядний пристрій, який йде в комплекті з електромобілем;
- Заряджається за допомогою 120 вольтової 1 фазної системи перемінного струму з струмом 12-16 А;
- Зарядна потужність складає 1.4 кВт або 1.9 кВт.

Рівень 2:

- Живлення з домашньої розетки або на пункті зарядки електромобілів;
- Використовується зарядний пристрій, який йде в комплекті з електромобілем;
- Напруга заряджання 208-240 В, використовується 1 фазна система з перемінним струмом, зарядний струм від 12 до 80 А, найчастіше використовується 30 А;

- Зарядна потужність від 2.5 кВт до 19.2 кВт, найчастіше – 7 кВт.

Рівень 3:

- Живиться за допомогою трифазної системи перемінного струму напругою 208-600 В;

- Використовується швидкісна зарядка за допомогою постійного струму;

- Максимальний струм заряду 400А, найчастіше використовують 60А;

- Зарядна потужність до 240 кВт, найчастіше використовують 50 кВт.

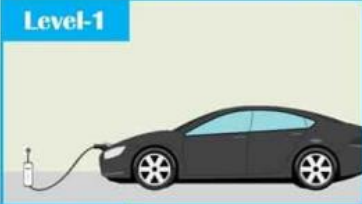


Different levels of charging in North America: SAE configurations	
<p>Level-1</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Supply from household outlet • Make use of EV's on-board charger • 120V 1ph AC; 12-16A • Charging power: 1.4KW or 1.9KW
<p>Level-2</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Supply from household outlet or EV Charge point • Make use of EV's on-board charger • 208-240V 1ph AC ; 12 to 80A (Typ. 30A) • Charging power: 2.5KW to 19.2KW (Typ. 7KW)
<p>Level-3</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Supply from 208-600V 3ph AC • Make use of off-board DC fast charger • 400A (Typ. 60A) • Charging power: up to 240KW (Typ. 50KW)

Рисунок 11.4 – Американські стандарти заряджання електромобілів

Європейський стандарт (рис.11.5) визначає не рівні, а режими заряду електромобілів:

- Mode 1 - заряджання від домашньої розетки змінним струмом, для сучасним електромобілів майже не використовується;
- Mode 2 – стандартна зарядна станція, потужністю до 7кВт, заряджання відбувається кабелем з системою захисту, використовується змінний струм;
- Mode 3 – найпотужніший режим заряду з використанням змінного струму, потужність станцій до 43 кВт;
- Mode 4 – найпотужніший режим заряджання, використовує постійний струм, потужність – більше 150 кВт.



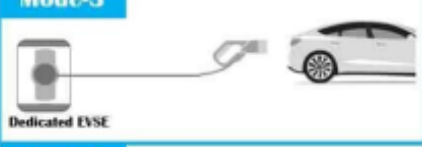

Different Modes of charging-	
<p>Mode-1</p>  <p>Household Outlet (230V)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AC Charging • Regular household outlet • Un-safe - Not recommended to use
<p>Mode-2</p>  <p>Household Outlet (230V)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AC Charging • In-cable control and protection (IC-CPD) • Limited to 3.7kW (16A) in residential use or 7.4kW (32A) for industrial
<p>Mode-3</p>  <p>Dedicated EVSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AC charging • Control, communications and protection functions incorporated in the charge point (EVSE) • Wide range of charging : 3.7KW to 43KW
<p>Mode-4</p>  <p>DC Charger</p>	<ul style="list-style-type: none"> • DC charging • Option of either CHAdeMO or CCS • For public and commercial charging applications • Wide range of charging capabilities – over 150kW

Рисунок 11.5 – Європейські стандарти заряджання електромобілів

Режим 1:

- Заряджання перемінним струмом;
- Звичайна домашня розетка;
- Небезпечно, не рекомендується використовувати.

Режим 2:

- Заряджання перемінним струмом;
- Використовується захист кабеля (IC-CPD);
- Потужність обмежена до 3.7 кВт (16 А) для використання в жилих районах або 7.4 кВт (32 А) для використання у промислових цілях.

Режим 3:

- Заряджання перемінним струмом;
- Функції регулювання та захисту вбудовані в зарядну точку (EVSE);
- Спектр зарядної потужності від 3.7 кВт до 43 кВт.

Режим 4:

- Заряджання постійним струмом;

- Опціонально або CHAdeMO або CCS;
- Для публічного або комерційного призначення заряджання;
- Зарядні можливості більше ніж 150 кВт.

Для того, щоб передавати енергію від зарядного пристрою до акумуляторних батарей, використовують різні роз'єми. На жаль, на даний момент не існує єдиного універсального типу роз'єму, бо кожний автовиробник намагався розробити найкращий можливий пристрій, проте така стратегія виявилась не успішною.

На даний момент, найпопулярніші роз'єми в Європі – Mennekes та CHAdeMO, а в Америці – CCS Combo та SAE J1772.

Станція, як елемент інфраструктури може бути наступних видів:

- Домашній зарядний пункт – заряджання відбувається за допомогою зарядного пристрою потужністю 3 або 7 кВт. Такі пункти поширені в урбанізованих зонах і зазвичай;

- Зарядний пункт у місця роботи – розташовані в офісних зонах, потужністю 7 або 22 кВт, призначений для заряджання електромобіля під час роботи власника.

- Публічні зарядні станції – найпоширеніший тип зарядних станцій.

Якщо в домашньому зарядному пункті та у зарядному пункті у місця роботи переважно використовуються зарядні станції mode 2, то в публічних, які призначені для більш швидкого заряду електромобілів, використовуються зарядні станції mode 3 та mode 4, найчастіше mode 3 через те, що зарядні станції постійного струму коштують дорожче. Опираючись на вище подану інформацію, можна сказати, що сфера електромобілів та допоміжна інфраструктура для них (зарядні станції та пункти зарядки) – це дуже перспективна галузь не тільки автомобільного будівництва, а й в галузі електротехніки, для розробки нових технологій для зарядних станцій.

Контрольні питання

1. Що таке зарядна станція для електромобілів і які її основні функції?
2. Які типи зарядних станцій для електромобілів існують (за потужністю та способом зарядки)?
3. В чому різниця між АС- та DC-зарядними станціями?
4. Що таке швидка зарядка (Fast Charging) та ультра-швидка зарядка (Ultra-Fast Charging)?
5. Які стандарти та роз'єми зарядки електромобілів найпоширеніші в світі (наприклад, CCS, CHAdeMO, Type 2)?
6. Як працюють бездротові (індуктивні) зарядні станції для електромобілів?
7. Які технології дозволяють оптимізувати час зарядки та зменшити втрати енергії?

8. Що таке Smart Charging і як воно впливає на ефективність роботи електромережі?

9. Які системи управління використовуються для моніторингу та обслуговування зарядних станцій?

10. Як зарядні станції взаємодіють з електромобілями через протоколи комунікації (наприклад, OCPP)?

11. Які регулярні перевірки та технічне обслуговування необхідні для зарядних станцій?

12. Які системи захисту встановлюються на зарядних станціях для запобігання коротким замиканням або перегріву?

ТЕМА 12 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИЧНИХ РОБІТ

З появою автомобілів зі складними електронними системами контролю та управління роботою двигуна з'явилася необхідність своєчасної діагностики несправностей. Чим складніший і сучасніший автомобіль, тим гостріша потреба у регулярних зверненнях до комп'ютерної діагностики.

З появою локальних пристроїв контролю та управління двигуна та електронних компонентів (ЕБУ) їх стали оснащувати вбудованими системами контролю, які мали мультиплексорний канал передачі даних на діагностичні прилади, відповідно почали з'являтися діагностичні прилади виробництва різних фірм. Нині з'явилися міжнародні стандарти діагностичних систем.

Як показує досвід роботи діагностів, велика кількість автомобілістів, особливо початківців, мають саме поверхове уявлення про те, що таке діагностика автомобіля. Як правило, власники автомобілів або недооцінюють значущість такої процедури, або, навпаки, наділяють її надприродними можливостями. Тим часом діагностика – це визначення технічного стану автомобіля без розбирання за непрямими ознаками.

Діагностика технічного стану – перспективний напрямок у технічній експлуатації, у якому вивчають і встановлюють ознаки несправного стану, класифікують відмови і несправності та його симптоми, і навіть розробляють методи і засоби, дозволяють оцінити технічний стан автомобіля та спрогнозувати ресурс їх справної роботи.

Вибір *діагностичних параметрів* для діагностування складних об'єктів є непростим завданням. Це пов'язано, по-перше, з тим, що між структурними та діагностичними параметрами залежно від складності об'єкта можуть існувати різні взаємозв'язки, по-друге, різні діагностичні параметри різною мірою задовольняють викладеним вище вимогам до параметрів вихідних процесів, що використовуються для цілей

діагностування. Тому під час вирішення завдання вибору діагностичних параметрів у складних ситуаціях спочатку визначають можливий набір параметрів.

За ступенем локалізації діагностичні параметри ділять на дві групи: узагальнені та приватні. Перші характеризують загальний стан складальних одиниць і машин загалом, другі – стан окремих елементів. До узагальнених діагностичних параметрів відносять потужність приводного двигуна екскаватора, повний ККД його гідравлічного приводу, струм холостого ходу одного з двигунів баштового крана і т.д.

До діагностичних параметрів відносять амплітуди напруг в ланцюзі запалювання карбюраторного двигуна, швидкість наростання тиску на кривій пульсуючого тиску аксіально-поршневого насоса і т. д.

Діагностичні параметри можуть містити в собі не один, а кілька ознак технічного стану, наприклад , миттєві значення напруги в ланцюзі запалювання карбюраторного двигуна містять інформацію про стан розподільника, котушки запалення, конденсатора, свічок, перешкодадавчих резисторів.

Характеристиками (основні вимоги) діагностичних параметрів є однозначність, стабільність, чутливість та інформативність.

Вимога однозначності у тому, що це поточні значення діагностичного параметра повинні однозначно відповідати значенням структурного параметра в інтервалі зміни технічного стану механізму, агрегату.

Стабільність діагностичного параметра визначається дисперсією його величини при багаторазових вимірах у незмінних умовах вимірювання на об'єктах, що мають одне й те саме значення структурного параметра.

Чутливість діагностичного параметра визначається швидкістю його при зміні величини структурного параметра.

Інформативність є головним критерієм, покладеним основою визначення можливості застосування параметра з метою діагностування. Вона характеризує достовірність діагнозу, одержуваного результаті вимірювання значень параметра.

Об'єктами діагностування є деталі, елементи, вузли, блоки, агрегати, системи.

Засоби технічного діагностування (ЗТД) є технічні пристрої, призначені для вимірювання кількісних значень діагностичних параметрів. До їх складу входять у різних комбінаціях такі основні елементи: пристрої, що задають тестовий режим; датчики, що сприймають діагностичні параметри та перетворюють їх на сигнал, зручний для обробки або безпосереднього використання; вимірювальний пристрій та пристрій відображення результатів (стрілочні прилади, цифрова індикація, екран осцилографа). Крім того, ЗТД може включати пристрої автоматизації

завдання і підтримки тестового режиму, вимірювання параметрів і автоматизований логічний пристрій, що здійснює постановку діагнозу.

Незважаючи на різноманіття ЗТД, що визначається широкою номенклатурою діагностичних параметрів цих засобів, їх можна об'єднати в розділені групи на підставі таких класифікаційних ознак:

- за функціональним призначенням;
- з принципового конструктивного виконання;
- за ступенем рухливості;
- за рівнем автоматизації виконання операцій діагностування;
- за видом енергії носія сигналів у каналі зв'язку;
- за видом джерела енергії, що забезпечує функціонування СТО.

За функціональним призначенням ЗТД поділяють на комплексні, тобто. діагностування автомобіля в цілому, та ЗТД для поглибленого діагностування. Діагностування автомобіля в цілому проводять для визначення рівня показників його експлуатаційних властивостей: потужності, паливної економічності, безпеки руху та впливу на довкілля. Виявивши погіршення цих показників порівняно із встановленими нормативами, проводять поглиблене (поелементне) діагностування з використанням обладнання для діагностування окремих агрегатів, вузлів та інших елементів автомобіля.

За принципним конструктивним виконанням ЗТД поділяють на зовнішні та бортові. До перших відносяться традиційні ЗТД, що представляють самостійні прилади та пристрої, що підключаються до автомобіля тільки на момент проведення діагностування, у тому числі і ТД зі спеціальними штекерами-роз'ємами для підключення до автомобілів, оснащених системою вбудованих датчиків. У цій групі ЗТД поділяють за ступенем рухливості на стаціонарні, пересувні та переносні. Бортові ЗТД встановлюють на автомобілі постійно, як його додаткове обладнання.

За ступенем автоматизації виконання операцій діагностування ЗТД можуть бути: автоматичні, напівавтоматичні, неавтоматизовані (з ручним або ножним керуванням), комбіновані.

По виду енергії носія сигналів каналі зв'язку ЗТД поділяються на: механічні, електричні, магнітні, електромагнітні, оптичні, пневматичні, гідравлічні та інших., і навіть комбіновані.

За видом джерела енергії, що забезпечує функціонування ЗТД, ці засоби можна класифікувати на: ЗТД, що працюють від джерела електричної енергії, від джерела стисненого повітря, від джерела вакууму, від мас, що рухаються і обертаються (механічні), від генератора звукових (і ультразвукових) коливань і т.д. та комбіновані.

Алгоритм діагностування передбачає виконання певної умовної чи безумовної послідовності певних експериментів із об'єктом. Експеримент характеризується тестовим або робочим впливом та складом

контрольованих ознак, що визначають реакцію об'єкта на вплив. Розрізняють алгоритми перевірки та алгоритми пошуку. Алгоритми перевірки дозволяють виявити наявність дефектів, що порушують справність об'єкта, його працездатність чи правильність функціонування. За результатами експериментів, проведених відповідно до алгоритму пошуку, можна вказати, який дефект або група дефектів є в об'єкті.

Діагностичні нормативи – це кількісна оцінка технічного стану системи, що діагностується. До них належать: початкове значення діагностичного параметра; його граничне значення, при досягненні якого виникає можливість появи відмови; попереджувальне чи припустиме значення при заданій періодичності діагностування. Визначення технічного стану системи в даний момент та прогнозування її працездатності в період майбутнього напрацювання виконуються шляхом порівняння зміреного значення діагностичного параметра з його граничним значенням.

Інформативність діагностичного параметра є головним критерієм, покладеним в основу визначення можливості застосування параметра для цілей діагностування. Вона характеризує достовірність діагнозу, одержуваного результаті вимірювання значень параметра. Діагностичні параметри механізму, як і структурні, є змінними випадковими величинами та мають відповідні номінальні та граничні значення. Зі збільшенням пробігу автомобіля діагностичні параметри можуть або збільшуватись (вібрації та ін.), або зменшуватись (тиск олії тощо). Існуючий зв'язок між діагностичними та структурними параметрами дозволяє без розбирання автомобіля та його елементів кількісно оцінити їх технічний стан.

Автомобільні осцилографи.

Автомобільний осцилограф – це двомірний електронний вольтметр, який показує, як напруга змінюється в часі.

Багато років осцилографи застосовувалися в автосервісі для контролю первинних і вторинних колоїв запалювання, а також деяких пристроїв системи електропостачання автомобіля. Тепер використовують портативні автомобільні осцилографи для спостереження низькорівневих сигналів в електронних колоах управління. Осцилограф – універсальний засіб при пошуку непостійних (нерегулярних) несправностей.

У практиці обслуговування автомобілів використовуються аналогові та цифрові осцилографи. У цифрових осцилографах вбудований комп'ютер піддає вхідний сигнал аналого-цифровому перетворенню. Отримані таким чином цифрові значення амплітуд напруги в момент вибірки виводяться на дисплей (зазвичай рідкокристалічний), точки з'єднуються між собою лініями, рисунок 12.1.

Як і в інших цифрових вимірювальних приладах, частота горизонтальної розгортки автомобільного осцилографа невелика, близько 7 Гц. Проте цифровий осцилограф видає детальну інформацію про сигнал, що

спостерігається. В автомобільних осцилографах зазвичай передбачені такі функції, як визначення мінімальної та максимальної напруги сигналу, запис даних, передача даних на комп'ютер.



Рисунок 12.1 – Осцилограф ScoreMeter 190C

Сучасний автомобільний осцилограф - це складний електронний вимірювальний прилад, що частково виконує функції комп'ютерного мотор-тестера. Наприклад, осцилограф ScoreMeter 190C, який показаний на рисунку 12.1, може працювати в режимі запам'ятовуючого осцилографа, мультиметра, за допомогою кабелів з додатковими перетворювачами вимірює температуру, тиск, струм, напруга у вторинному колоу запалювання і т. д. У пам'яті приладу зберігаються характерні осцилограми. Це дозволяє автоматично тестувати (перевіряти на працездатність) різні елементи електроустаткування та електроніки за зразковими сигналами (за шаблонами). Так перевіряються різні датчики, система електропостачання, напівпровідникові елементи, відносна компресія у циліндрах тощо.

Логічні пробники.

Сканери та автомобільні осцилографи є ефективними засобами діагностики електроустаткування автомобілів. Однак є й інші електронні прилади для діагностики, які в деяких випадках виявляються більш простими і зручними. Логічний пробник – це простий прилад, електронний аналог контрольної лампи. Контрольна лампа має низький вхідний опір, її застосування може призвести до виходу з ладу елементів у високоомних мікроелектронних схемах.

Логічний пробник має високий вхідний опір, що не впливає на електричні кола, що тестуються, він застосовується для безпечного тестування низьковольтних слаботочних колоів. Два дроти з'єднують прилад із зовнішнім джерелом живлення, наприклад з акумуляторною батареєю, а щуп підключається до кола, що досліджується. Пробник і досліджуваній електричній коло повинні мати спільну землю (масу). На корпусі пробника розташовується 3 світлодіоди (червоний, зелений,

жовтий), деякі моделі мають звуковий сигнал.

На більшості моделей логічних пробників є перемикач діапазонів робочих напруг з положеннями CMOS та TTL. CMOS – для електронних систем з робочою напругою 16 В, а TTL – для робочої напруги 5 В. Електронна схема в пробнику ділить напругу, що подається на щуп, на три зони: низька, середня і висока. Зазвичай для сигналу з високою напругою включається червоний світлодіод, для низької напруги – зелений. Для сигналу в середній зоні світлодіоди не вмикаються. Жовтий світлодіод включається під час подачі на щуп імпульсного сигналу. При цьому під час знаходження амплітуди імпульсної напруги у відповідній зоні спалахує червоний або зелений світлодіод.

Логічний пробник може інформувати користувача про наявність напруги лише у певній зоні значень, та її діагностичні можливості обмежені.

Автомобільні цифрові мультиметри

Автомобільний цифровий мультиметр – це цифровий тестер із багатосегментним дисплеєм на рідких кристалах, з високим вхідним опором. Цифровий мультиметр є невід’ємною частиною діагностичного обладнання. Виконує функції кількох вимірювальних приладів, вимірює силу струму, напругу, частоту, тривалість імпульсу. Мультиметр зручний для перевірки стану електричних кіл, але для перевірки їхнього функціонування він зазвичай не застосовується. На цифровому дисплеї мультиметра застосовується лише низька швидкість поновлення інформації, що пов’язано з особливостями людського зору.

Оскільки людське око не розрізняє швидку зміну цифр на дисплеї, мультиметр показує лише середні або фіксовані значення електричних сигналів з низькою кадровою частотою оновлення дисплея (зазвичай не більше 4 Гц). Деякі моделі автомобільних мультиметрів мають кв аз і аналоговий дисплей (крім цифрового) і мають можливість запису мінімального і максимального значень контрольованого сигналу. Є можливість оновлювати показання до 40 разів на секунду. Але на деяких моделях мультиметрів квазіаналоговий екран працює на тій же частоті, що і цифровий.

Незважаючи на неможливість спостереження та вимірювання динамічних процесів за допомогою мультиметра, автомобільні цифрові мультиметри знайшли широке застосування для діагностики несправностей в електричних та електронних схемах. Мультиметри мають універсальність, простоту, швидку підготовку до роботи і точність вимірювань.

Мотор-тестери.

Головне призначення даного обладнання – оцінка технічного стану двигуна і в цьому його спеціалізація. Проте кількість систем, що діагностуються, як правило, не менше трьох (запалювання, харчування, енергопостачання), тому вони досить універсальні.

Комп'ютерні мотор-тестери з'явилися спочатку у США. Сьогодні вони широко поширені повсюдно. Їх можна зустріти і на сучасних вітчизняних підприємствах автосервісу.

На рисунку 12.2 схематично показаний типовий комп'ютерний мотортестер».



Рисунок 12.2 – Комп'ютерний мотор-тестер

Мотор-тестери виконуються на базі IBM-сумісних комп'ютерів, мають клавіатуру, дисплей, дисководи, привід CD-ROM . У комплект зазвичай входять набір з'єднувальних проводів та кабелів, стробоскоп. Інформація в комп'ютер вводиться за допомогою автомобільного аналізатора, в якому розміщені аналого-цифрові перетворювачі, компаратори, підсилювачі та інші пристрої для попередньої обробки вимірювальних сигналів. Аналізатор підключається до необхідних елементів автомобіля за допомогою комплекту кабелів.

Як правило, це один і той же набір проводів незалежно від виробника, підключений до мінусу акумулятора, плюсу акумулятора, плюсу котушки запалювання, мінусу котушки запалювання, високовольтний провід до котушки запалювання, високовольтний провід до свічки першого циліндра, безконтактний датчик двигуні (вставляється замість щупа), датчик розрідження у впускному колекторі і т.д.

Комп'ютер мотор-тестера обробляє інформацію, отриману від двигуна, і надає результати на дисплеї або у вигляді твердої копії (роздруківки на принтері). Пристрій змонтований на візку для зручності переміщення цехом.

З мотор-тестером поставляється комплект лазерних компакт-дисків з сервісною інформацією про різні моделі автомобілів та з інструкціями електромеханіку-оператору, як підключати мотор-тестер до автомобіля, які кабелі використовувати.

Перед проведенням діагностики слід вказати (набрати на клавіатурі

мотор-тестера) модель автомобіля, тип двигуна, трансмісії, системи запалювання, упорскування палива та інші опції, які реалізовані на даному автомобілі. Після правильного підключення мотор-тестер здатний діагностувати більшість автомобільних систем, включаючи системи пуску, електропостачання, запалювання, визначати компресію в циліндрах, вимірювати параметри системи приготування паливоповітряної суміші.

Універсальність комп'ютерних мотор-тестерів визначається їх програмним забезпеченням. Багато моделей комп'ютерних мотор-тестерів працюють у звичній більшості користувачів операційної системи Windows.

Для успішного проведення діагностики за допомогою комп'ютерного мотор-тестера слід виконати такі операції:

- провести ідентифікацію автомобіля;
- правильно виконати необхідні тести (діагностичні перевірки);
- порівняти отримані дані із рекомендованими значеннями;
- встановити за одержаними результатами причину несправності.

При виконанні тестуючих процедур слід дотримуватися деяких умов: температура та обороти двигуна повинні бути штатними для даного випробування, деякі допоміжні пристрої повинні бути від'єднані або вимкнені.

Типовою процедурою тестування є збір даних з двигуна на холостому ході в наступній послідовності:

- режим холостого ходу Вимірюються обороти холостого ходу, стабільність роботи з циліндрів, склад вихлопних газів, напруга пробою на свічці, напруга іскрового розряду, тривалість іскрового розряду, напруга акумуляторної батареї, зарядний струм, напруга на катушці запалювання, сигнали різних датчиків;

- різко збільшують обороти на холостому ході (зазвичай до 2500 об/хв). Вимірюють напругу пробою на свічці, напруга іскрового розряду, прискорення по циліндрах, склад вихлопних газів, визначають пропуски займання, зміна кута випередження тощо;

- скидають обороти. Визначають прискорення по циліндрах, склад вихлопних газів і т. д. Мається на увазі прискорення поршнів по циліндрах, що вимірюється для контролю рівномірності ходу і балансу потужності.

Після проведення тестів та отримання інформації електромеханік приступає до діагностики. Програмне забезпечення більшості мотор-тестерів дозволяє їх використовувати як експертні системи на цьому етапі. Комп'ютер на основі зібраних даних видає рекомендації та вказівки для пошуку причин несправності, які часто виявляються корисними. Після виявлення та усунення причини несправності тести (діагностичні перевірки) повторюють, щоб переконатися, що несправність дійсно усунена.

Мотор-тестери корисні при виявленні несправностей у паливній системі, системі запалювання, але з їх допомогою важко виявляти

непостійні несправності у складних електронних системах. У багатьох випадках несправність в одній системі проявляється у вигляді симптомів в інших системах, пов'язаних з першою.

Таким чином, слід виділити такі відмінні риси з тимчасового мотор-тестера на базі ПЕОМ:

- Наявність багатоканального цифрового осцилографа для контролю вихідних колоїв систем запалення та живлення, у тому числі і високовольної частини.

- Спільна робота із газоаналізатором.

- Наявність цифрового мультиметра із можливістю виведення параметрів у графічному вигляді.

- Реалізація тестів системи енергопостачання (отримання діаграм струмів та напруги при пуску) з використанням струмових датчиків.

- Тестування та моніторинг механічних систем ДВС через датчики тиску (діаграми тиску: у впускному колекторі, у циліндрі, у паливній магістралі).

- Наявність бази даних нормативних параметрів діагностування систем двигуна.

- Ведення бази даних клієнтів, автомобілів, з можливістю запису параметрів діагностування та робіт з їх усунення.

Найбільш досконалі мотор-тестери дозволяють в режимі реального часу порівнювати еталонні і реальні параметри сигналів, а також визначити попередній діагноз, за допомогою автоматизованих експертних систем постановки діагнозу.

Непостійні або неповторні відмови, такі як у цьому прикладі, можуть бути виявлені тільки при постійному моніторингу параметрів автомобіля під час експлуатації. Це роблять бортові діагностичні системи, які є частиною програмного забезпечення ЕБУ двигуна.

Діагностування, технічне обслуговування та ремонт комплексної системи керування двигуном.

Працездатність системи управління двигуном та системи упорскування залежить від справності механічних та гідромеханічних систем.

Під діагностуванням розуміють процес оцінки технічного стану вузлів та систем за діагностичними параметрами. Зазначимо, що для сучасних автомобілів іноді важко зафіксувати сам факт наявності несправності. Висока надійність автомобільної електроніки призвела до скорочення кількості простих дефектів, які легко виявляються техніками зі станцій техобслуговування. З іншого боку, якщо спостерігається несправність, неї можна зазначити безліч можливих причин.

Прийнято розділяти такі види діагностування: за місцем виконання – безпосередньо на автомобілі та знятих вузлах (на постах та цехах); за місцем розташування обладнання діагностування – бортове діагностування

(вбудоване) та стаціонарне.

Діагностичне обладнання ділять на універсальне (мультиметр, осцилограф) та спеціалізоване (стробоскоп, мотор-тестери, спеціальні прилади та стенди).

Технологія діагностування вимагає від користувача знань базових основ електротехніки та вміння розбиратися у простих електричних схемах.

Головним елементом системи управління є мікропроцесорний блок управління, який використовує датчики для отримання інформації про роботу двигуна, а також про роботу різних систем, якими він керує. Блок здатний здійснювати у певному обсязі діагностику елементів системи керування двигуном. При виявленні несправності блок управління включає діагностичну лампу несправностей на панелі приладів автомобіля, і його пам'ять заноситься код, що відбиває цю несправність. Це не означає, що двигун необхідно негайно заглушити, а свідчить про необхідність встановлення причини увімкнення лампи в можливо короткий термін. Експлуатація автомобіля з несправними несправностями може призвести до погіршення експлуатаційних властивостей двигуна до повного виходу з ладу механічних частин та вузлів електронної системи.

Контрольні запитання

1. Що таке технічне обслуговування (ТО) та діагностика автомобілів?
2. Які основні цілі технічного обслуговування та діагностичних робіт?
3. Чим відрізняються планове ТО і позапланова діагностика?
4. Які інструменти та пристрої використовуються для механічного обслуговування (ключі, домкрати, підйомники)?
5. Для чого застосовуються спеціальні стенди: балансувальні, розвал-сходження, стенди для перевірки гальм?
6. Яке обладнання використовується для обслуговування електричних та гібридних автомобілів?
7. Які типи діагностичних сканерів існують (OBD-II, електронні мультиметри, діагностичні планшети)?
8. Як проводиться комп'ютерна діагностика систем двигуна, трансмісії та електроніки?
9. Яке обладнання застосовується для перевірки акумуляторів, генераторів та стартерів?

Список використаної літератури

1. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 387 с.
2. Гащук П. Автомобіль. Теорія колісного рушія: навч. посіб. Київ : Кондор, 2021. 327 с.
3. Захарчук В. І. Основи теорії та конструкції автомобільних двигунів : навч. посіб. Київ. Каравела, 2022. 235 с.
4. Лобатюк В.А., Мокін О.Б., Мокін Б.І. Математичні моделі оптимального руху електромобілів з електроприводом постійного струму. Монографія. ВНТУ: Вінниця, 2019. 135 с.
5. Мокін Б. І., Мокін О. Б., Горенюк В. В. Метод ідентифікації моделей оптимального руху електромобіля з асинхронним електроприводом. Вісник ВПІ, вип. 1, 2020. с. 32-38.
6. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : підручник. 3-є вид., стер. Київ : Каравела, 2021. 399 с.
7. Мигаль В. Д., Корогодський В. А., Воронков О. І., Нікітченко І. М. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів : навч. посібник. Харків : ХНАДУ, 2021. 412 с.
8. Vorobiov V.V. Energy efficient asynchronous electric drive of an electromobile. Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Problems of automated electrodrive. No. 4 (1358), 2020. pp. 52-56.
9. Gillespie Thomas. Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International, 2021. 480 p.
10. <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0268-98>.

Т-38

Технічне обслуговування електронних систем автомобілів. Методичні вказівки до самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G5) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. В. В. Лишук, Луцьк: ЛНТУ, 2026. 72 с.

Комп'ютерний набір
Редактор

В. В. Лишук
В. В. Лишук

Підп. до друку “___” _____ 2026 р.

Формат 60x84/16.

Папір офс. Гарн. Таймс.

Ум. друк. арк.4,5. Обл.-вид. арк.3,75.

Тираж ___ прим. Зам. _____.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП Луцького НТУ

