

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

Навчальний посібник

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих начальних закладів,
які навчаються за спеціальністю
«Електричні системи та комплекси транспортних засобів»*

Харків
ХНАДУ
2014

УДК 629.3.026:621.317
ББК 39.33-04
Б 83

Рецензенти: *Мігаль В.Д.*, д-р техн. наук, професор
(Національний автомобільно-дорожній університет (ХНАДУ));
Кошовий М.Д., д-р техн. наук, професор
(Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського (ХАІ));
Александров Є.Є., д-р техн. наук, професор
(Національний технічний університет (ХПІ));

авторський колектив:
Ю.М. Бороденко, к.ф-м.н., доцент;
О.А. Дзюбенко, к.т.н., асистент;
О.М. Биков, асистент.

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів вищих начальних закладів,
(лист № 1/11-4255 від 26 березня 2014 р.)*

Бороденко Ю.М.

Діагностика електрообладнання автомобілів / Б83 Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2014. –300с.

ISBN 978-966-303-622-9

Наведено загальні принципи створення діагностичних систем та побудування діагностичних приладів. Дана характеристика діагностичних приладів промислових зразків різного призначення. Розглянуто органолептичні та апаратні методи діагностування електрообладнання на борту автомобіля, в умовах поста діагностики та в електровідділеннях автотранспортного підприємства.

Призначений для студентів електромеханічних спеціальностей автотранспортних навчальних закладів, корисний для інженерно-технічних працівників у сфері обслуговування автомобілів.

Іл. 96. Табл. 25. Бібліогр. 15 найм.

УДК 629.3.026:621.317
ББК 39.33-04

ISBN 978-966-303-622-9

© Бороденко Ю.М., Дзюбенко О.А.,
Биков О.М., 2014

ХНАДУ, 2014

ПЕРЕДМОВА

Навчальний посібник використовується під час вивчення дисципліни «Діагностика електрообладнання АТЗ» на завершальному етапі підготовки бакалавра з електромеханіки та в прикладному сенсі інтегрує інформацію багатьох навчальних дисциплін.

При проектуванні діагностичних систем використовуються положення булевої алгебри логіки та теорії надійності. На етапі розробки діагностичних приладів та устаткування аналізуються характеристики електричних машин, апаратів і електронних пристроїв, не обійтись без знань основ метрології та електричних вимірювань. Під час організації діагностичних постів та складання діагностичної документації додатково треба знати улаштування електричного обладнання та будову автомобіля.

Знання отримані студентами з дисципліни «Діагностика електрообладнання АТЗ» в подальшому використовуються під час вивчення дисциплін «Діагностика електричних систем та комплексів транспортних засобів» та «Комп'ютерна діагностика і моніторинг стану АТЗ», а також на етапах виконання кваліфікаційної роботи бакалавра і спеціаліста та в подальшій трудовій діяльності фахівця.

На теперішній час існує багато літератури спеціального призначення де окремо розглядаються процедури пошуку пошкоджень електрообладнання в обсязі довідників та керівництв з ремонту автомобілів. Багато розрізненої інформації про засоби автомобільної діагностики міститься на сторінках Інтернету. Принципи побудови діагностичних систем взагалі розглядаються в окремих підручниках базової наукової дисципліни «Технічна діагностика». Книги навчального спрямування, в яких поєднується різноплановий матеріал для підготовки фахівців, мають обмежений перелік.

Матеріал посібника методологічно викладено за трьома напрямками, які торкаються питань, пов'язаних з побудуванням діагностичних систем, розробкою діагностичної апаратури та обслуговуванням електрообладнання автомобіля.

В першому розділі розглянуті загальні принципи побудування та аналізу діагностичних моделей технічних систем. На прикладах електричних систем апробовані методи визначення діагностичних тестів та побудування алгоритмів діагностування. Викладений ма-

теріал дає базові знання в галузі створення діагностичних пристроїв та систем на етапі проектування технічних засобів та об'єктів діагностики.

Питання другого розділу торкаються двох аспектів підготовки фахівця. По-перше, систематизовано інформацію, щодо вибору атрибутів засобів діагностування, які розробляються, за різними класифікаційними ознаками та розглянуто способи реалізації приладів для вимірювання електричних та неелектричних параметрів, які характеризують технічний стан електричних систем автомобіля. По-друге, дана загальна характеристика діагностичних приладів та устаткування промислових зразків, що використовуються під час діагностування електрообладнання. Інформація наведена в розділі, використовується на етапі розробки діагностичних приладів та комплектації діагностичних постів, ліній та електровідділень у складі станцій технічного обслуговування.

В третьому розділі відокремлені методи діагностики електрообладнання на різних етапах діагностування. Проаналізовано органолептичні підходи, щодо пошуку несправностей систем електрообладнання за симптомами та ознаками їх прояву. Наведено технологію апаратної діагностики систем ДВЗ за комплексними показниками та поглибленої локалізації пошкоджень агрегатів електрообладнання, знятого з автомобіля. В останній темі розділу приділена увага питанням діагностики електронних блоків систем автоматичного керування які використовуються на автомобілі.

Наведена в розділ інформація допомагає доцільно підібрати діагностичну документацію та засоби діагностики для організації процесу діагностування автомобілів.

Для кращого сприйняття матеріалу текстовий матеріал супроводжується принциповими схемами технічних рішень та фотознімками діагностичних приладів промислових зразків. Після кожного розділу посібника, наведені контрольні запитання до самостійної проробки матеріалу. Наприкінці посібника наведено перелік прийнятих скорочень та предметний покажчик.

В посібнику не розглядаються питання пов'язані з використанням комп'ютерних технологій для діагностики сучасних мехатронних систем автомобіля.

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

1.1. Основні положення предмета технічної діагностики

1.1.1. Визначення, аспекти та завдання технічної діагностики

Технічна діагностика (ТД) – галузь знань, що досліджує технічні стани об'єктів діагностування й прояви технічних станів і розробляє методи їхнього визначення, а також принципи побудови й організацію використання системи діагностування [1]. Технічна діагностика поєднує теорію, методи й засоби пошуку і виявлення дефектів технічних систем.

Дефект – невідповідність виробу вимогам, які встановлені нормативно-технічною документацією. Виявлення дефекту є встановлення факту його наявності в об'єкті. Пошук дефекту полягає у вказівці з певною точністю його місця розташування в об'єкті.

Глибина пошуку дефекта (ступінь локалізації несправності) задається вказівкою складових частин об'єкта, з точністю до яких повинне визначатися місце дефекту.

Технічний стан об'єкта – сукупність підданих зміні властивостей, що характеризують ступінь функціональної придатності об'єкта в заданих умовах цільового застосування.

- *Контроль технічного стану об'єкту* – визначення виду технічного стану об'єкта.

Вид технічного стану характеризується відповідністю або невідповідністю якості об'єкта певним вимогам. Розрізняють наступні види технічного стану:

- справність і несправність;
 - працездатність і непрацездатність;
 - правильне функціонування й неправильне функціонування.
- Таким чином, завданнями діагностування є перевірка справності, працездатності й правильності функціонування об'єкта, а також пошук дефектів, що порушують справність, працездатність або правильність функціонування.

Діагностична система (ДС) – сукупність засобів та методів діагностування, яка дозволяє виявити несправний елемент технічної

системи найбільш раціональним способом. Процедуру пошуку несправності в технічних системах передбачається виконувати автоматично.

Система діагностики (СД) розглядає діагностичну систему разом з об'єктом діагностування та передбачає заходи, щодо адаптації технічних систем до діагностування на етапі їх проектування. Для електричних систем заходи полягають у введенні в конструкцію системи необхідної кількості контрольних точок, рознімань та колодок діагностування, діагностичних розривів кіл, резервних блоків оперативної заміни, вбудованих імітаторів тестових сигналів, необхідних комутуючих пристроїв з метою оптимізації або автоматизації процесу діагностування системи.

Об'єкт діагностування (ОД) – абстрактне поняття, під яким розуміють будь-яку технічну систему (пристрій), що задовольняє двом умовам. По-перше, система може знаходитись у двох взаємовиключних та розрізнювальних станах (працездатному та непрацездатному). По-друге, можна виділити елементи (блоки), кожен з яких також характеризується розрізнювальними станами, що визначаються у результаті перевірок.

Перевірка – сукупність операцій, що проводяться з об'єктом діагностування з метою отримання результату, за яким можна визначити стан хоча б одного елемента системи. В число основних операцій, що виконуються під час перевірки, входить контроль ознак, які характеризують стан системи в цілому або її елементів.

Діагностичний тест (ДТ) – сукупність перевірок, достатня для виявлення усіх, що задані раніше, розрізнювальних станів системи (комбінацій несправних елементів).

Алгоритм діагностування (АД) – послідовність виконання перевірок, що входять в діагностичний тест, та правила обробки результатів перевірок з метою отримання діагнозу.

Діагноз – інформація про об'єкт діагностування, що дозволяє локалізувати несправність системи (оцінити її технічний стан), або виявити причину її недієздатності на підставі аналізу діагностичних параметрів чи симптомів. Технічний діагноз надається у вигляді висновку про технічний стан об'єкта із вказівкою, місця, виду й причини дефекту.

Діагностичний параметр (ДП) – параметр, величина якого неявно характеризує технічний стан об'єкта діагностування.

Симптом – форма прояву відхилення діагностичного параметра від його допустимих значень.

Технічна діагностика передбачає дослідження об'єктів діагностики за двома аспектами.

Перший аспект технічної діагностики – вивчення конкретних об'єктів, дослідження їх структури та параметрів з метою побудування ідеалізованих моделей цих об'єктів. За першим аспектом вирішують такі завдання:

1. Вивчають нормальне функціонування системи.
2. Виділяють елементи (блоки) системи та встановлюють зв'язок між ними.
3. Визначають можливі технічні стани системи (комбінації відмов елементів).
4. Аналізують технічні можливості контролю ознак, що характеризують стан системи.
5. Збирають та опрацьовують статистичні дані для визначення ймовірностей можливих станів системи та закономірностей прояву відмов окремих її елементів.
6. Збирають експериментальні дані про затрати на виконання перевірок.

Перераховані завдання передбачають емпіричні дослідження технічних систем та процедур діагностики.

Другий аспект технічної діагностики – побудування та вивчення відповідних математичних моделей об'єктів та процесів їх оптимальної діагностики. За другим аспектом вирішують два основних завдання :

1. Розробляють методи визначення діагностичних тестів за наявності списку елементів, які відмовили.
2. Будують оптимальні алгоритми діагностування (програми діагностування) з урахуванням заданого критерію.

Ці завдання мають в основному математичний характер. На основі вирішення завдань першого та другого аспектів, пристосовуючись до конкретної сфери технічної діяльності, можна сформулювати три основних *задачі технічної діагностики*:

1. Контроль фактичного технічного стану об'єкта діагностики.

2. Локалізація несправного елемента, визначення причин відмови, обсягу та глибини технічних втручань.

3. Прогнозування технічного стану об'єкта діагностики (визначення ресурсу, що залишився).

1.1.2. Властивості та параметри технічних систем

Взагалі система може знаходитися більше, ніж у двох розрізнявальних станах, тому що поняття «система, що відмовила» є деякою ідеалізацією, яка не дозволяє виділити пристрій на межі аварійного стану. В зв'язку з цим для вирішення завдань технічної діагностики вводять поняття рівнів дієздатності та категорії відмов.

Для оцінки стану системи використовуються діагностичні параметри (ДП). Розрізняють вихідні та структурні ДП, з яких можна виділити основні та допоміжні ДП.

Вихідні ДП – параметри, що вимірюють на виході об'єкта діагностування та дозволяють визначити його загальний стан (справний чи несправний). Вихідні ДП, як правило, не дозволяють виявити причину (місце, елемент) несправності (локалізувати несправність).

Структурні ДП – параметри, що знімають з контрольних точок в середині структури системи і дозволяють локалізувати несправний блок (елемент) системи.

Структурні та вихідні ДП пов'язані між собою, оскільки вони характеризують один об'єкт. Щодо поданих визначень можна сказати, що відмова системи (вихідний ДП) розглядається як функція стану її елементів (структурні ДП). Слід відзначити, що поняття вихідний та структурний ДП є відносними. Наприклад, якщо діагностування виконується на рівні системи, то параметри на виходах її блоків визначаються як структурні. Якщо ж локалізація несправності проводиться до рівня несправного елемента, то параметри на виході блока, до складу якого входить даний елемент, розглядаються як вихідні ДП.

Основні ДП – параметри, що характеризують виконання системою заданих функцій.

Допоміжні ДП – параметри, які характеризують зручність в експлуатації, зовнішній вигляд, ергономічні вимоги тощо.

Діагностичні параметри нормуються за номінальними та гранично допустимими значеннями.

Номінальне значення ДП – значення параметра, яке відповідає стану нової (справної) системи.

Гранично допустиме значення ДП – значення параметра, при якому подальша експлуатація системи неможлива або економічно не виправдана.

Номінальні та гранично допустимі значення ДП встановлюються (нормуються) заводом-виробником та вказуються в нормативній технічній документації. Оперуючи наведеними поняттями, можна описати розрізнявальні стани системи: справна, несправна, дієдатна, недієдатна.

Справна система – система, для якої основні та допоміжні ДП знаходяться у межах норми (не перевищують допустимих значень).

Несправна система – система, для якої хоча б один основний або допоміжний ДП виходить за межі допустимих значень.

Дієдатна система – система, що виконує задані функції, основні ДП для якої знаходяться у межах норми, а допоміжні ДП можуть виходити за межі допустимих значень.

Система, що відмовила (недієдатна) – система, яка не виконує задані функції з причини виходу значень її основних ДП за межі допустимих.

Перераховані формулювання станів системи дозволяють стверджувати: дієдатна система може бути як справна, так і несправна; несправна система може бути як дієдатною, так і системою, що відмовила; справна система - завжди дієдатна. Взаємозв'язок наведених станів проілюстровано на рис. 1.1.1.

Згідно позначенням рис. 1.1.1 площі фігур відповідають: ABC – множина несправних систем; DEF – множина дієдатних систем; BMNA – системи, які відмовили; DNCMEF – справні системи; MCN - несправні, але дієдатні системи.

Подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, називають його *відмовою*. Для технічних систем відмови можна класифікувати за кількома ознаками: динамікою прояву, взаємним впливом, причиною появи.

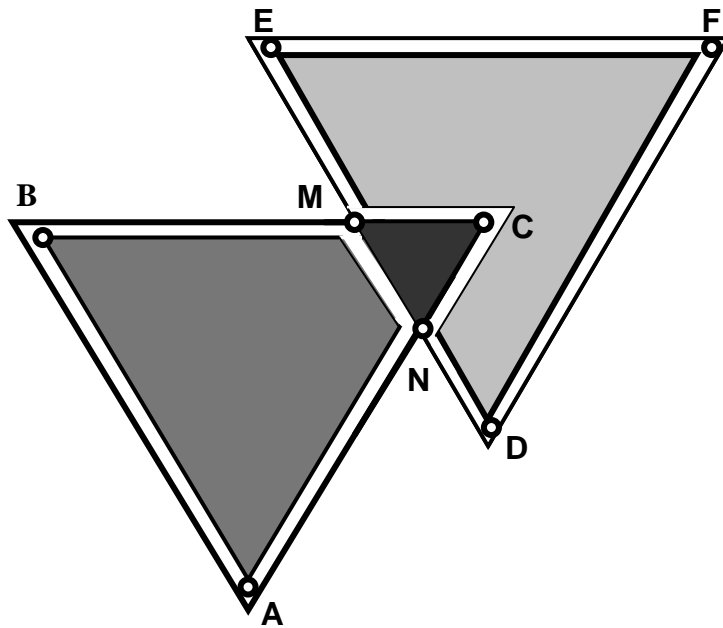


Рис. 1.1.1 До визначення понять про технічні стани системи

За динамікою прояву розрізняють *поступові відмови*, яким передує тривала зміна значень ДП або властивостей виробу (спрацьовування, старіння, деструктуризація), та *раптові відмови*, при яких ДП виходить за межі допустимих значень практично миттєво (електричні пробої, термічні руйнування при перевантаженнях струмом). Раптові відмови з'являються, як правило, при несанкціонованих експлуатаційних ситуаціях.

За взаємним впливом розрізняють *залежні відмови*, які з'являються в елементах системи в результаті відмови інших її елементів, та *незалежні відмови*, коли несправність елемента проявляється в результаті зміни своїх властивостей і не тягне за собою несправності інших елементів системи.

За причиною появи бувають *конструкторські, виробничі, ремонтні та експлуатаційні відмови*. Відповідно причинами таких відмов є: порушення правил та норм під час розробки конструкторської документації; порушення технології під час виготовлення виробу; неякісне обслуговування, ремонт та регулювання в період експлуатації; порушення правил та режимів експлуатації виробу.

Число можливих відмов системи N можна представити сукупністю станів, спричинених недієздатністю можливих комбінацій її елементів. Якщо через t позначити число можливих станів кожно-

го елемента, а через n – число елементів, які входять до складу системи, то кількість можливих відмов системи можна визначити з формули $N=m^n-1$.

Під час визначення станів технічної системи, у якості діагностичних параметрів можуть використовуватися прості фізичні величини, функції від простих величин та статичні характеристики.

Вибір діагностичного параметра з переліку альтернативних, проводиться з урахуванням вимоги до його чутливості, інформативності, стабільності та технологічності вимірювання.

Чутливість ДП характеризується величиною відхилення його значення при заданих змінах структурного параметра.

Інформативність ДП, з одного боку, визначається кількістю виявлених ним відмов об'єкта, що діагностується, з іншого, встановлює відповідність кожному значенню ДП тільки одного достатньо визначеного стану об'єкта

Стабільність ДП забезпечення його незмінності під час процесу діагностування.

Технологічність вимірювання ДП забезпечується конструкцією об'єкта та засобів діагностування, характеризується зручністю підключення діагностичної апаратури, трудомісткістю та вартістю процесу обробки результатів вимірювань і постановки діагнозу.

Якщо діагноз ставиться на підставі аналізу симптом прояву несправності, з позицій інформативності розглядаються чотири групи звужень відповідності між несправностями (Н), які мають місце та симптомами (С) їх прояву (рис. 1.1.2).

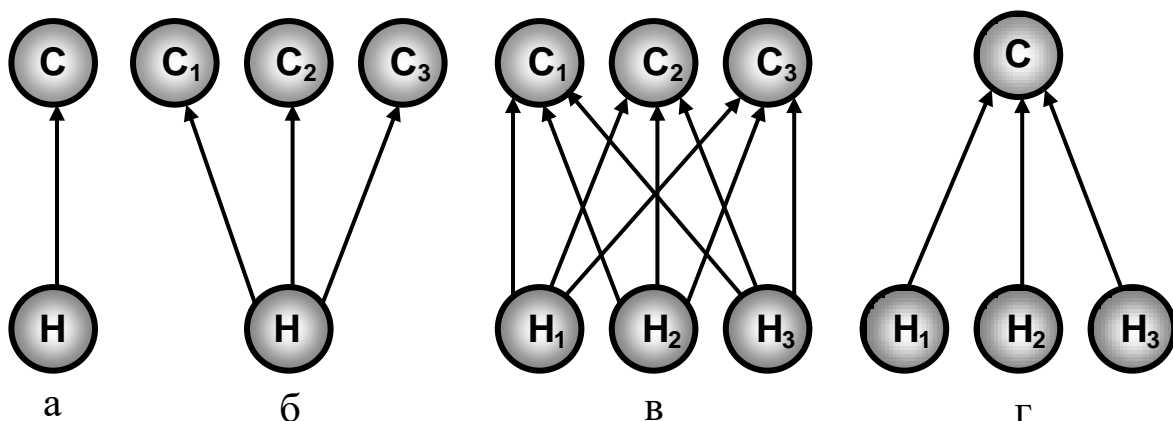


Рис. 1.1.2. Групи звужень відповідності несправність-симптом:
 а – біективне; б – нефункціональне; в – загального вигляду;
 г – неін`ективне

В такому разі найбільш інформативним є бієктивний випадок певної відповідності (рис. 1.1.2, а). Якщо діагноз ставиться за аналізом значень діагностичного параметра, переважною є неін'єктивна відповідність, коли виміряні значення одного параметра дозволяють ідентифікувати декілька несправностей.

1.1.3. Види та способи перевірок технічних систем

Існує багато різноманітних методів діагностики технічних систем. Метод діагностики визначається засобами діагностики, що застосовуються, видом перевірок та діагностичного параметра, умовами проведення діагностичних операцій та факторами, які оптимізують процес діагностування. Правильний вибір методу діагностики дозволяє оптимізувати процес діагностування з точки зору вартості проведення діагностичних робіт, результативності постановки діагнозу та інформативності при виконанні перевірок.

Перевірки технічних систем можна класифікувати за загальними ознаками: характером участі людини у процесі діагностування; способом виявлення несправності; способом відтворення при перевірках методами заміни; типом пошуку; гнучкістю реалізації алгоритмів діагностування; глибиною локалізації несправності та діагностичним параметром, за допомогою якого ставиться діагноз (рис. 1.1.3).

Суб'єктивні методи передбачають визначення симптомів прояву несправності на підставі реакції органів чуттів людини. Так, наприклад, візуально можна аналізувати зображення на екрані телевізора, горіння ниток накалювання ламп, обгорання елементів схеми та монтажу, задимлення, зміну кольору елементів і т. п.

За допомогою дотику та нюху можна виявляти підвищення температури та запах гарі. На слух визначають електричні розряди та пробої, зміну звуку акустичних приладів, свист вібруючих сердечників, гул перевантаженого трансформатора і т. п. Суб'єктивні методи охоплюють широкий спектр діагностичної інформації і є найбільш дешевими та доступними. Але ці методи не універсальні, бо дають недостатню кількість інформації і потребують від оператора великого досвіду.

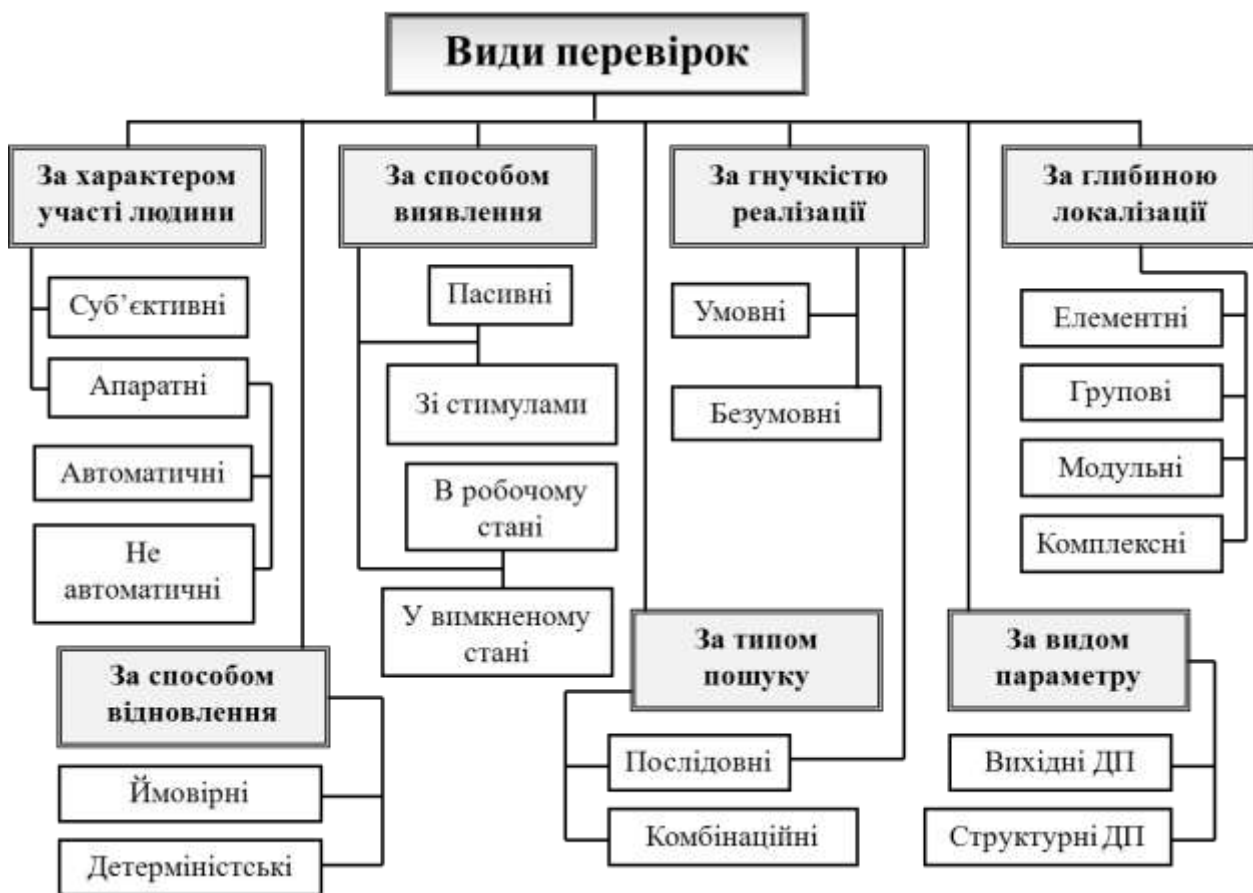


Рис. 1.1.3. Класифікація перевірок технічних систем

Апаратні методи передбачають об'єктивну оцінку діагностичного параметра на підставі показань приладів. В цьому разі достовірність діагнозу в основному визначається точністю діагностичного приладу та методу вимірювання. Апаратні методи в свою чергу поділяються на методи неавтоматичного пошуку несправності та методи з використанням автоматичних діагностичних систем.

В разі неавтоматичного пошуку процедуру діагностування та локалізації несправності виконує людина на підставі показань приладів. Використання автоматичних діагностичних систем передбачає процедуру пошуку несправності та встановлення її причин технічним пристроєм за заданою програмою. В такому випадку оперативність та результативність діагностування мають найбільш високі показники. Автоматичні діагностичні системи доцільно використовувати при великому потоці перевірок, наприклад, на дорожніх діагностичних постах, підприємствах АТП та СТО високої пропускної здатності.

За способом виявлення несправності розрізняють методи пасивних перевірок та перевірок зі стимулами. При пасивних перевірках вимірювальні прилади не є додатковими джерелами електричної енергії і не впливають на стан об'єкта діагностування. Діагностування електронних пристроїв може проводитись як у ввімкнутому стані, так і у вимкнутому. В останньому разі вимірюють електричні параметри кіл, такі як опір, ємність, індуктивність або остаточної види енергії, такі як остаточної магнетизм, зарядна ємність конденсаторів.

У багатьох випадках для забезпечення номінального функціонування електронних пристроїв необхідно вплинути на них сторонніми джерелами енергії, окрім джерела живлення. Такі електричні сигнали називають *стимулами*. Прилади, які створюють стимули, імітують датчики електричних сигналів або внутрішні джерела в сигнальних колах. Як стимулятори зазвичай використовують вимірювальні генератори або спеціальні імітатори сигналів. Вплив стимулів на об'єкт діагностування може виконуватися як при його ввімкненому стані, так і при вимкнутому. Застосування перевірок зі стимулами значно поширює можливості діагностування і поглиблює ступінь локалізації несправностей.

Найбільш розповсюдженим методом діагностування є метод заміни. Метод полягає у відновленні дієздатності пристрою, що діагностується, шляхом заміни його складових справними. Такий метод дуже зручний при діагностуванні модульних рознімних електронних приладів. Діагноз при такому методі встановлюють за реакцією пристрою на заміну кожного з блоків.

У деяких технічних, і в тому числі електронних системах, цей метод виконується автоматично. Такі системи називаються резервованими і використовуються на приладах, що застосовуються на літаках, підводних човнах, космічних кораблях, супутниках, в системах життєзабезпечення. Для метода заміни можуть використовуватись положення ймовірнісної або детерміністської діагностики.

Ймовірнісна діагностика припускає послідовність заміни елементів пристрою на основі інформації про розподіл ймовірностей відмови за статистичними даними. Такий підхід має ефект в разі значної різниці ймовірності станів окремих елементів об'єкта діаг-

ностики і не вимагає діагностичної апаратури. Але в цьому разі необхідно мати достатні статистичні дані.

Детерміністська діагностика припускає виконання операції заміни тільки після встановлення факту несправності конкретного елемента. Такий підхід не вимагає наявності статистичних даних, але для виявлення факту несправності потрібні вимірювальні прилади, а отже і додаткові витрати. Таким чином, детерміністська діагностика є більш інформативною, але менш оперативною. Основним недоліком методу відновлення є необхідність мати резервний комплект елементів системи, схильних до відмов.

За типом пошуку несправності розрізняють комбінаційний і послідовний методи. В разі комбінаційного пошуку стан об'єкта діагностування визначають шляхом виконання заданої кількості перевірок, порядок здійснення яких довільний. Елементи, які відмовили, виявляють після проведення всіх заданих перевірок. В більшості випадків така методика діагностування не використовує всіх результатів виконаних перевірок для визначення стану системи. В результаті вартість локалізації кожної несправності завищена. Але в багатьох випадках це компенсується відсутністю витрат на створення спеціальних алгоритмів діагностування для виключення зайвих перевірок.

В разі послідовного пошуку визначають діагностичні тести (перевірки, необхідні для локалізації всіх заздалегідь заданих технічних станів) і алгоритми діагностування, що забезпечує певну послідовність перевірок. Результат кожної перевірки аналізують безпосередньо після його одержання, а після цього приймають рішення про проведення наступної перевірки. Така методика дозволяє досягти більшої оперативності і результативності процесу діагностування, але вимагає затрат часу на етапі розробки тестів і алгоритмів їх реалізації. Послідовний пошук, у свою чергу, може здійснюватися за жорсткими або гнучкими алгоритмами.

Жорсткі алгоритми, так звані безумовні програми, припускають заздалегідь фіксовану послідовність виконання перевірок діагностичного тесту. Гнучкі або умовні програми призначають кожну наступну перевірку в залежності від результату попередньої. Умовні програми діагностування є кращими з точки зору інформативності, результативності і оперативності. Однак створення гнучких ал-

горитмів для складних технічних приладів пов'язане з певними труднощами математичного характеру.

За глибиною локалізації або деталізації діагностичні перевірки розділяють на елементні, модульні, групові і комплексні. Реалізація перевірок за цією ознакою визначається конструкцією системи (пристрою) яка діагностується, обраними засобами діагностики, метою і місцем проведення діагностичних операцій. Так, наприклад, діагностичний пост на АТП дозволяє здійснювати комплексне діагностування системи електрообладнання автомобіля за вихідними діагностичними параметрами ДВЗ або кожної підсистеми окремо. Застосування спеціальних засобів діагностики на СТО дозволяє локалізувати несправність до рівня знімного вузла або агрегату (модульні, групові). Виконати елементні перевірки, тобто продіагностувати блок, знятий з автомобіля, з метою виявлення несправності конкретного елемента блока вдається тільки на спеціально обладнаних дільницях електровідділення. При проведенні модульних, групових та елементних перевірок використовують структурні діагностичні параметри.

Під час постановки діагнозу відбувається структурна або параметрична ідентифікація несправності системи. *Структурна ідентифікація* несправності полягає у визначенні непрацездатності (поламки) структурних елементів (функціональних блоків) системи. *Параметрична ідентифікація* виявляє відхилення параметрів елементів (характеристик блоків) системи від допустимих значень (зношення).

В електричних системах структурна ідентифікація зводиться до виявлення обривів кіл (перегоряння) та коротких замикань (пробоїв) елементів, а параметрична – до кількісного визначення якості елемента (блоку), параметри якого погіршились в процесі експлуатації (втрата ємності, зміна опору, підвищення витоків).

За результатами структурної ідентифікації несправності електричних пристроїв та систем, зазвичай, виявляються пошкоджені напівпровідникові прилади (діоди, транзистори, тиристори, мікросхеми) та дефекти монтажу. Параметрична оцінка стану системи (пристрою, блоку), дозволяє виявити пасивні елементи (конденсатори, резистори, котушки індуктивності), параметри яких не відповідають нормованим значенням.

1.2. Побудування та аналіз діагностичних моделей електричних систем

1.2.1. Побудування та аналіз функціональної діагностичної моделі

Діагностична модель (ДМ) – абстрактна форма надання об'єкта діагностування, яка дозволяє визначити діагностичні тести та побудувати алгоритми діагностування на підставі ознаки розрізнюваності її станів. Діагностична модель може надаватися в графічному, табличному або аналітичному вигляді.

Для електричних систем та пристроїв застосовуються переважно функціональні, дискретні та цифрові діагностичні моделі.

Функціональна діагностична модель – модель блочної структури, в якій кожний блок виконує певну функцію перетворення вхідного сигналу X у вихідний Y . Припускається, що кожний блок моделі може знаходитися у двох станах – дієздатному або несправному. Функціональна діагностична модель дозволяє локалізувати несправність до рівня функціонального блока.

Щоб задати функціональну ДМ системи, що розглядається, необхідно виконати такі операції:

1. Перелічити всі можливі для даної системи комбінації елементів, які відмовили водночас (можливі стани).
2. Вказати, які комбінації допустимих впливів X_i необхідно додати до кожного блока Q_i для одержання допустимої реакції Y_i . Під допустимою реакцією розуміють значення вихідного параметра блока, що знаходиться в дієздатному стані.
3. Задати схему об'єкта із зазначенням блоків і зав'язків між ними.

При побудові функціональної ДМ необхідно дотримуватися такої вимоги: функціональний блок може мати декілька входів (вхідних параметрів – аргументів функції), але тільки один вихід (вихідний параметр – функцію). На рис. 1.2.1, а, б показана допустима інтерпретація блоків технічної системи.

Прикладом об'єкта, що інтерпретується простим функціональним блоком, може бути формувальне коло, двохобмотковий трансформатор, коло корекції, згладжуючий фільтр і т. ін.

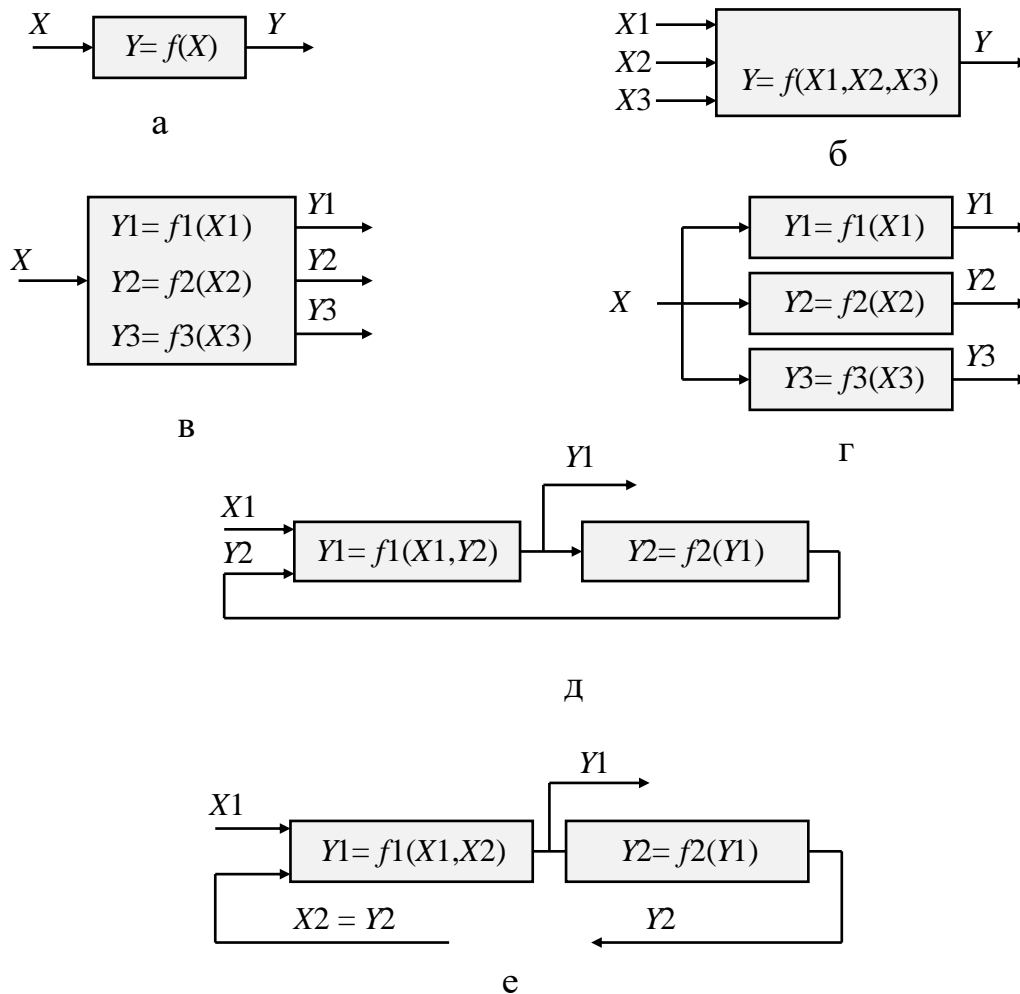


Рис. 1.2.1. Фрагменти функціональної схеми та діагностичної моделі:

- а – простий блок функціональної схеми (моделі);
- б – багато параметричний блок схеми (моделі);
- в – багатфункціональний блок схеми;
- г – багатфункціональний блок моделі;
- д – функціональна схема із зворотним зв'язком;
- е – позбавлення зворотного зв'язку у функціональній моделі

За допомогою багатпараметричного блока можна представити більш складні пристрої, такі як логічна схема, модулятор, компаратор і т.ін. Наприклад, для отримання вихідного сигналу останнього необхідно задати три допустимі впливи (стимули): подати напругу живлення, напругу опорного рівня, напругу керуючого сигналу.

Багатфункціональні блоки (рис. 1.2.1, в) в ДМ надаються багатпараметричними або простими функціональними блоками (рис. 1.2.1, г), згідно з вимогами, що пред'являються до ДМ. Прикладом

багатофункціонального блока може бути джерело живлення з різноманітними вихідними напругами, подільник напруги і т. ін.

При моделюванні технічних систем функціональна ДМ може мати окремі структури, для яких математична обробка моделі значно спрощується. До таких моделей відносять моделі з послідовною структурою, моделі, в яких допускається відмова будь-якого, але тільки одного блока, моделі без зворотних зв'язків. Якщо в системі зі зворотним зв'язком допустимо реалізувати обрив кола зворотного зв'язку та імітацію її сигналу, то модель може бути представлена структурою без зворотного зв'язку (рис. 1.2.1, д, е). Побудована ДМ може бути представлена в універсальній абстрактній формі у вигляді таблиці несправностей.

Таблиця несправностей (ТН) – таблиця, в якій у рядках записані технічні стани з множини станів S_i , у стовпцях – елементарні перевірки із множини перевірок Π_j .

Таблиця несправностей може бути отримана за допомогою аналітичних розрахунків діагностичної моделі або експериментально, шляхом моделювання відповідних несправних станів об'єкта діагностування та контролю його діагностичних параметрів.

Приклад функціональної ДМ наведено на рис. 1.2.2. Використовуючи функції алгебри логіки, для наведеної моделі можна скласти вираз для вихідних функцій кожного блока.

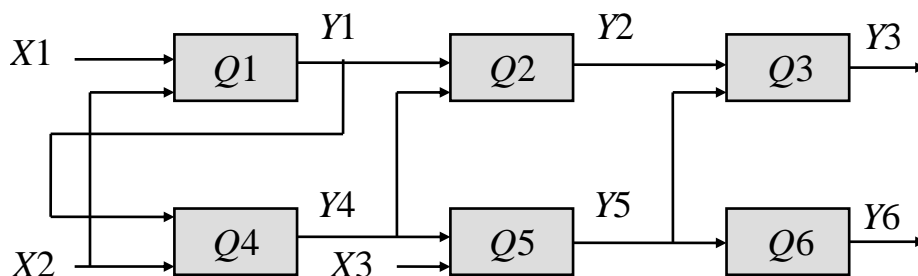


Рис. 1.2.2. Функціональна діагностична модель

$Y1 = X1 \cdot X2 \cdot Q1$ (значення функції $Y1$ – допустиме «1», якщо одночасно допустимі «1» значення вхідних сигналів $X1$, $X2$ та блок $Q1$ справний «1»). Аналогічно визначають функції інших блоків

$$Y_2 = Y_1 \cdot Y_4 \cdot Q_2, \quad Y_3 = Y_2 \cdot Y_5 \cdot Q_3, \quad Y_4 = X_2 \cdot Y_1 \cdot Q_4, \\ Y_5 = Y_4 \cdot X_3 \cdot Q_5, \quad Y_6 = Y_5 \cdot Q_6.$$

Методом підстановки вирази для функцій зводяться до вигляду $Y_i = X_i Q_i$

$$Y_1 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1, \quad Y_2 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_4, \\ Y_3 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 \cdot Q_4 \cdot Q_5, \\ Y_4 = X_1 \cdot X_2 \cdot Q_1 \cdot Q_4, \quad Y_5 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5, \\ Y_6 = X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 \cdot Q_1 \cdot Q_4 \cdot Q_5 \cdot Q_6.$$

На підставі отриманих функцій формується *матриця станів* (бінарна таблиця несправностей) (табл. 1.2.1).

Таблиця 1.2.1

Матриця станів функціональної моделі

Стани S_i	P_j					
	П1	П2	П3	П4	П5	П6
S_0	1	1	1	1	1	1
S_1	0	0	0	0	0	0
S_2	1	0	0	1	1	1
S_3	1	1	0	1	1	1
S_4	1	0	0	0	0	0
S_5	1	1	0	1	0	0
S_6	1	1	1	1	1	0

Заповнювати таблицю можна рядками або стовпцями. Множина станів S_i в таблиці несправностей розглядається як перелік несправних блоків $Q_i = \langle 0 \rangle$, а множина перевірок P_j – як значення функцій Y_j . Приймається, що вхідні параметри X_1, X_2, X_3 – мають допустиме значення «1». Стан S_0 відповідає справному стану системи (всі блоки Q_i – справні). Зміст першого стовпця можна прокоментувати так. Результат перевірки П1(Y_1) має недопустиме значення «0» тільки в разі несправності блока $Q_1(S_1)$. Зміст першого рядка пояснюється так. Якщо блок $Q_1(S_1)$ несправний, то перевірки П1...П6 ($Y_1...Y_6$) дадуть негативний результат.

1.2.2. Побудування та аналіз дискретної діагностичної моделі

Поняття дискретна модель можна розуміти як модель пристрою, який виготовлений на дискретних елементах, або як модель системи, сигнали якої представлені дискретними рівнями. В даному посібнику розглядається дискретна модель в першому розумінні.

Дискретна діагностична модель – модель, яка представлена електричною схемою гальванічних включень дискретних елементів з елементарними функціями перетворення (опір, ємність, індуктивність, вентиль та джерело ЕРС), в якій неможливо об'єднати групи елементів у функціональні блоки (модель з неявно вираженою блочною структурою). Передбачається, що кожний елемент моделі може знаходитися більше ніж у двох розрізняювальних станах (справний, в обриві, замкнутий, з параметрами, що змінилися). Дискретна ДМ дозволяє локалізувати несправність до рівня дискретного елемента та причини його несправності. Для того щоб задати дискретну ДМ схеми, що розглядається, необхідно виконати такі дії:

1. Задати параметр, який використовується як діагностичний.
2. Створити схему моделі, заміщуючи реальні дискретні елементи їх діагностичними еквівалентами (схеми заміщення).
3. Перерахувати можливі несправності елементів схеми або їх діагностичних еквівалентів.
4. Вказати номінальні значення параметрів елементів схеми або їх діагностичних еквівалентів.
5. Вказати точки контролю ДП у структурі моделі.

На рис. 1.2.3 показана вихідна схема електрична принципова (рис. 1.2.3, а) та її дискретна модель (рис. 1.2.3, б) при використанні в якості ДП опору постійному струму (вимірювання за допомогою омметра). Згідно з наведеними на схемі заміщення позначеннями: вентилі $p-n$ – відображають фізичну сутність $p-n$ переходів напівпровідникових пристроїв; r_b, r_k, r_e – опори зон транзистора VT ; r_d, U_P – значення опору та напруги стабілітрона VD ; $E_{ок}, E_{ос}$ – потенціальні бар'єри колекторного та емітерного переходів транзистора.

В доступних вузлах монтажу схеми проставлені номери контрольних точок вимірювання ДП.

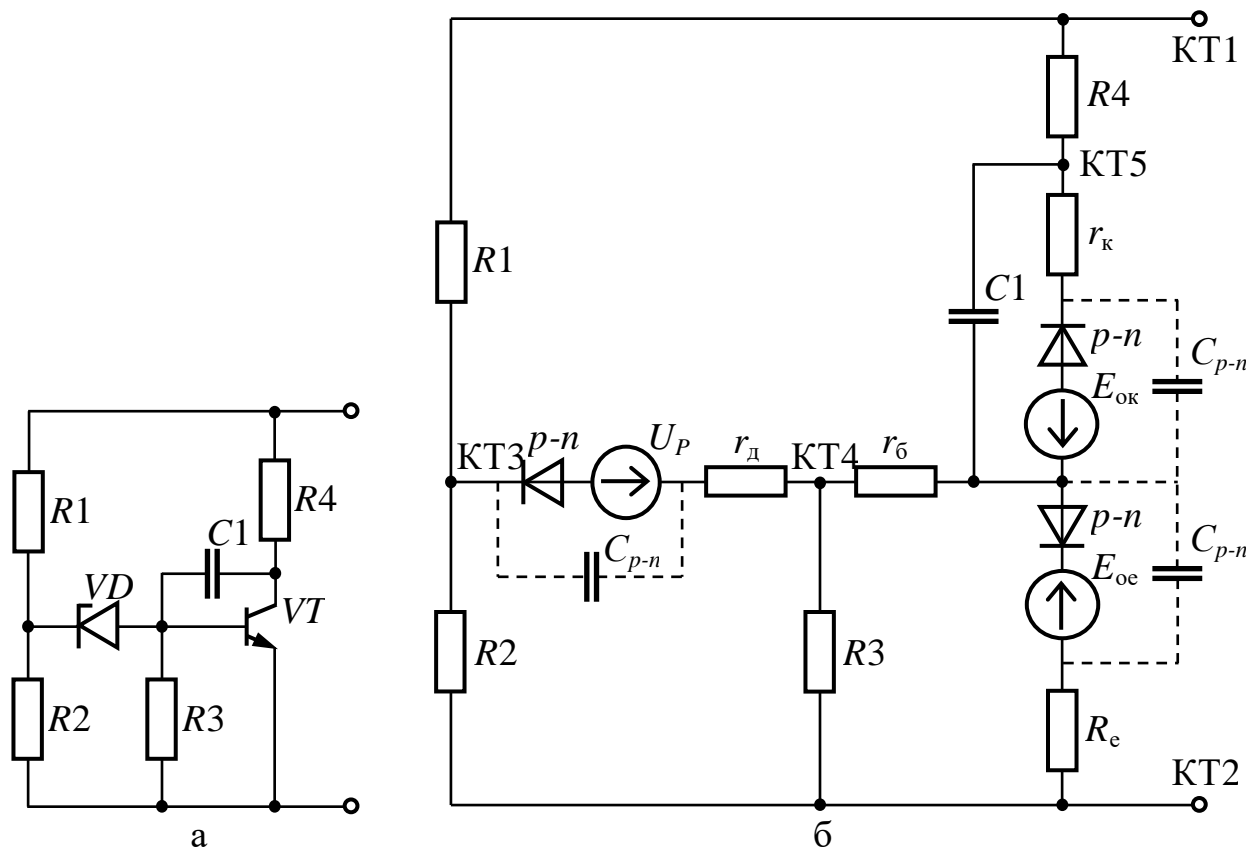


Рис. 1.2.3. Вимірювальна частина регулятора напруги:

а – схема електрична принципова;

б – дискретна діагностична модель

Якщо в якості ДП вибрати опір змінному струму, то модель необхідно доповнити значенням ємності конденсатора $C1$, а при значних частотах вимірювального сигналу – ємностями $p-n$ переходів C_{p-n} . Якщо ж в якості ДП вибрати напругу, що вимірюється відносно загальної точки при ввімкнутій схемі, то її діагностична модель значно спроститься.

Таким чином, можна зазначити, що тип дискретної ДМ однієї тієї ж схеми (пристрою) в багатьох випадках визначається типом параметра, що вибирається як діагностичний.

Проаналізуємо дискретну модель на прикладі схеми, наведеної на рис.1.2.4. За діагностичний параметр виберемо опір постійному струму. Можливі стани схеми: $S0$ – схема справна; $S1$ – пробитий діод VD ; $S2$ – діод VD в обриві; $S3$ – пробитий конденсатор C ; $S4$ – пробитий резистор $R1$; $S5$ – резистор $R1$ в обриві; $S6$ – пробитий резистор $R2$; $S7$ – резистор $R2$ в обриві; $S8$ – резистор $R1$ змінив значення опору; $S9$ – резистор $R2$ змінив значення опору.

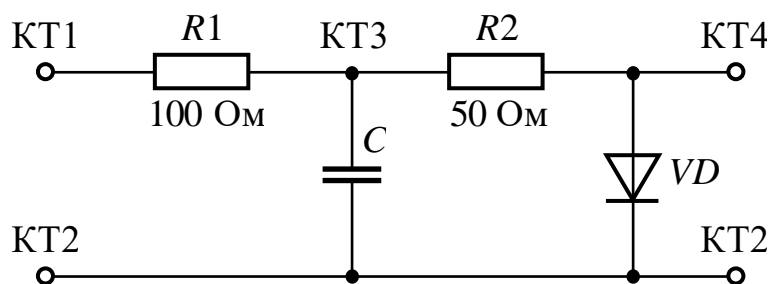


Рис. 1.2.4. Дискретна діагностична модель

Розглянемо тільки перші шість станів, як найбільш імовірні. Для вибраних станів складаємо таблицю опорів (табл. 1.2.2). Опори, що вимірюються між контрольними точками схеми, відповідають перевіркам R_{ij} , причому в точці i приймаємо додатне підключення омметра «+», а в точці j – від’ємне «-».

Таблиця 1.2.2

Опори дискретної моделі

Стани S_i	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
S_0	150	∞	100	100	150	150	∞	50	∞	0	50	50
S_1	150	150	100	100	150	150	50	50	0	0	50	50
S_2	∞	∞	100	100	150	150	∞	∞	∞	∞	50	50
S_3	100	100	100	100	150	150	0	0	50	0	50	50
S_4	50	∞	0	0	50	50	∞	50	∞	0	50	50
S_5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	50	∞	0	50	50

На підставі табл. 1.2.2 складаємо бінарну таблицю несправностей (матрицю станів). Матриця станів (МС) заповнюється таким чином (табл. 1.2.3). В рядку, що відповідає справному стану S_0 про- ставляють «1» як задовільний результат перевірки. Далі проводять порівняння результатів кожного вимірювання (перевірки) кожного стану S_i з результатами вимірювань у стані S_0 . Якщо порівняльні результати співпадають, то цю позицію таблиці заповнюють «1», якщо ні – «0».

Матриця станів ДМ

Стани S_i	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1
S_2	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
S_3	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
S_4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
S_5	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1

В отриманій матриці є два однакових рядки. Це означає, що стани S_4 та S_5 не розрізняються на множині перевірок R_{ij} і локалізувати пробій або обрив резистора R_1 за допомогою таблиці несправностей неможливо. Стани, які не розрізняються в матриці станів (S_4 , S_5), можна розрізнити за результатами вимірювання ДП в таблиці опорів (див. табл. 1.2.2). Якщо стани не розрізняються за значеннями ДП (опорів), то необхідно збільшити кількість перевірок (вимірювань) шляхом задавання додаткових контрольних точок або діагностичних розривів кіл.

1.2.3. Вирішення нерозрізнюваності станів в таблицях несправностей

Найбільш універсальним способом вирішення нерозрізнюваності є метод, що використовує квантування ДП за допустимими значеннями. Згідно з цим методом перевірки значень ДП призначають за двостороннім обмеженням. Фактично це свідчить про те, що значення ДП можуть знаходитись у діапазоні, який визначається розкидом параметрів елементів схеми або точністю вимірювального (діагностичного) приладу.

Проведемо апробацію методу на прикладі таблиці опорів (табл. 1.2.2). Для цього задають межі допустимих значень опорів ($\pm 10\%$) та призначають перевірки за двостороннім обмеженням (табл. 1.2.4).

Таблиця 1.2.4

Допустимі значення опорів схеми у справному стані

	R_{ij}											
	R_{12}	R_{21}	R_{13}	R_{31}	R_{14}	R_{41}	R_{23}	R_{32}	R_{24}	R_{42}	R_{34}	R_{43}
$R_{ном}$	150	∞	100	100	150	150	∞	50	∞	0	50	50
R_{max}	165	∞	110	110	165	165	∞	55	∞	5	55	55
R_{min}	135	165	90	90	135	135	165	45	165	0	45	45

$$\begin{array}{lll}
 \text{П1} - R_{12} > 135; & \text{П6} - R_{14} > 135; & \text{П11} - R_{24} > 165; \\
 \text{П2} - R_{12} < 165; & \text{П7} - R_{14} < 165; & \text{П12} - R_{42} < 5; \\
 \text{П3} - R_{21} > 165; & \text{П8} - R_{23} > 165; & \text{П13} - R_{34} > 45; \\
 \text{П4} - R_{13} > 90; & \text{П9} - R_{32} > 45; & \text{П14} - R_{34} < 55. \\
 \text{П5} - R_{13} < 110; & \text{П10} - R_{32} < 55; &
 \end{array}$$

Мінімальні значення опорів при вимірюванні обірваного кола ($R_{21} = \infty$) призначають за максимально допустимим значенням R_{ij} . Максимальні значення опору при вимірюванні замкнутого кола ($R_{42} = 0$) призначають за мінімальним допустимим значенням R_{ij} або виходячи з допустимої похибки омметра.

З переліку призначених перевірок вилучають зустрічні перевірки (R_{31} , R_{41} , R_{43}), що не мають на маршруті вимірювання вентиля VD . Далі складають таблицю опорів та перетворюють її в матрицю станів за прийнятою методикою (табл. 1.2.5).

Таблиця 1.2.5

Вихідна матриця станів

Стани S_i	П _ж													
	П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9	П10	П11	П12	П13	П14
S_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1
S_2	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
S_3	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1
S_4	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
S_5	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1

В отриманій таким чином матриці станів всі задані стани схеми – розрізняються (немає однакових рядків). Матриця станів може бути скорочена без втрати діагностичних властивостей за такими правилами:

1. Якщо в МС є перевірки (стовпці), що мають тільки «0» або тільки «1», то їх можна видалити.

2. Якщо в МС є однакові стовпці, то їх можна звести в один.

Після остаточного скорочення кількість перевірок в таблиці несправностей значно зменшиться (табл. 1.2.6).

Таблиця 1.2.6

Скорочена матриця станів

Стани S_i	P_j						
	П1	П2	П3	П4	П5	П9	П10
S0	1	1	1	1	1	1	1
S1	1	1	0	1	1	1	1
S2	1	0	1	1	1	1	0
S3	0	1	0	1	1	0	1
S4	0	1	1	0	1	1	1
S5	1	0	1	1	0	1	1

Позбутися нерозрізняваності станів в таблиці несправностей при розрізняванні вимірюваннях в таблиці опорів можна за допомогою методу негативної перевірки.

Такий метод полягає в наступному. Для двох нерозрізняваних станів в таблиці несправностей обирають перевірку з негативним результатом «0» для обох станів, які до того ж мають різні значення опорів (діагностичного параметра). Проводять заміну обраної перевірки на перевірку відповідності значень діагностичного параметра одному з негативних результатів несправного стану системи. В результаті в одному з несправних станів для негативної перевірки в таблиці отримують позитивний результат – «1», а в другому – негативний «0». Таким чином в таблиці несправностей досягають розрізняваності двох нерозрізняваних станів. При використанні методу негативної перевірки необхідно слідкувати за тим, щоб сформована негативна перевірка не призвела до виникнення в таблиці несправностей нових нерозрізняваних станів.

Метод негативної перевірки випробуємо на вихідній таблиці опорів (табл. 1.2.2), для якої сформована таблиця несправностей (табл. 1.2.3). Бінарна таблиця несправностей має нерозрізнювані стани $S4, S5$. Згідно з таблицею опорів для станів $S4, S5$ розрізнюваними є перевірки з негативними результатами $R_{12}, R_{13}, R_{31}, R_{14}, R_{41}$. В якості «негативної» призначаємо перевірку $R_{12} = 50$. Тоді у вихідній таблиці несправностей змінюються бінарні атрибути цієї перевірки. Для стану $S4$ результат «негативної» перевірки буде позитивним – «1», а для стану $S5$ – негативним «0». Для наочності аналізу, таблицю несправностей можна скоротити за прийнятими правилами. Після скорочення таблиці (табл. 1.2.7) видно, що стани $S4, S5$ стали розрізнюваними на перевірці R_{12} та формування негативної перевірки не привело до виникнення нових нерозрізнюваних станів.

Таблиця 1.2.7

Матриця станів отримана за методом негативної перевірки

Стани S_i	R_{ij}				
	$R_{12}=50$	$R_{21}=\infty$	$R_{13}=100$	$R_{32}=50$	$R_{42}=0$
$S0$	0	1	1	1	1
$S1$	0	0	1	1	1
$S2$	0	1	1	0	0
$S3$	0	0	1	0	1
$S4$	1	1	0	1	1
$S5$	0	1	0	1	1

1.2.4. Особливості побудовання цифрових діагностичних моделей

Цифрова діагностична модель – модель, що представлена у вигляді електричної схеми, яка побудована на логічних елементах. Як стимули та відгуки такої моделі є сигнали з двома дискретними рівнями – логічний нуль «0» та логічна одиниця «1».

Взагалі цифровий (логічний) пристрій можна аналізувати як функціональну модель, якщо є можливість знімати відгуки з виходів її функціональних блоків (окремих логічних елементів). Для цифрової ДМ вважають, що всередині її структури немає контрольних

точок, а вхідні та вихідні сигнали можуть бути подані або зняті через цілком визначені виводи.

Щоб задати цифрову діагностичну модель логічного пристрою необхідно виконати такі дії:

1. Скласти схему моделі, структуровану до рівня логічних елементів з позначенням зв'язків між ними.
2. Пронумерувати позиції логічних елементів, що входять до складу пристрою в напрямку руху інформації.
3. Визначити вхідні та вихідні виводи пристрою на ДМ.
4. Перерахувати можливі несправності у вигляді їх прояву.

Діагностування логічних пристроїв, що представлені цифровою моделлю, використовують, наприклад, на етапі відлагодження виробництва інтегральних мікросхем, де підключення діагностичної апаратури до точок у середині структури напівпровідникового кристалу неможливо. Цифрова ДМ також може бути використана і при діагностуванні пристроїв, що складаються з окремих конструктивно закінчених елементів (мікросхем). На рис. 1.2.5 представлено цифровий пристрій, що виконує функції мультиплексора.

На входи $D0 - D3$ ($X1 - X4$) надходить інформація у вигляді двійкового чотирирозрядного слова, а на адресні входи $A1, A2$ ($X5, X6$) – двохранний двійковий код, що визначає адресу входу, з якого інформація передається на вихід мультиплексора (рис. 1.2.5, в). Ставиться завдання – визначити несправний логічний елемент моделі, задаючи на входах X_i цифрові тести у вигляді шестирозрядного слова шляхом реєстрації одного двійкового сигналу (реакції) $Y7$ на виході Q .

Щоб визначити необхідні діагностичні тести, цифрову ДМ структурного типу (рис. 1.2.5, б) інтерпретують до вигляду аналітичного виразу, використовуючи алгебру логіки. Для розглянутого мультиплексора функція логічних перетворень має вигляд

$$\begin{aligned} Y7 &= Y3 + Y4 + Y5 + Y6 = \\ &= X1 \cdot \overline{X5} \cdot \overline{X6} + X2 \cdot \overline{X5} \cdot X6 + X3 \cdot \overline{X6} \cdot X5 + X4 \cdot X5 \cdot X6 \end{aligned} \quad (1.1)$$

Доповнюючи цю формулу позиціями функціональної прив'язки, отримаємо цифрову модель, що представлена еквівалентною нормальною формою (1.2).

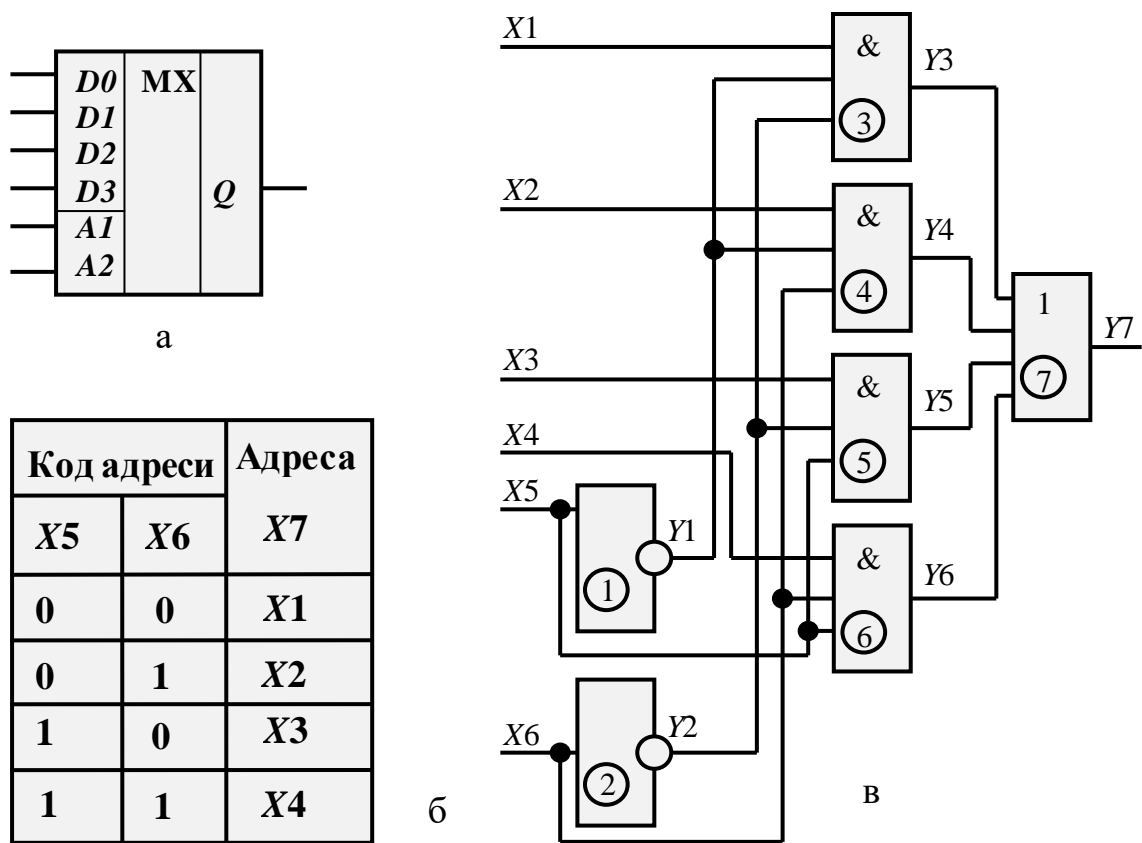


Рис. 1.2.5. Мультиплексор: а – умовне позначення мікросхеми; б – таблиця адресів; в – цифрова діагностична модель

Еквівалентна нормальна форма (ЕНФ) цифрової ДМ – аналітичний вираз у вигляді логічної суми, складові якої представлені логічними добутками входних сигналів, які доповнені індексами функціональної прив'язки.

Функціональна прив'язка входного параметра – це число, яке визначає послідовність позицій функціональних елементів моделі у порядку руху інформації (до отримання сигналу). Згідно з наведених визначень ЕНФ для моделі мультиплексора набуває вигляду

$$\begin{aligned}
 Y7 = & X1_{3,7} \cdot \overline{X5}_{1,3,7} \cdot \overline{X6}_{2,3,7} + X2_{4,7} \cdot \overline{X5}_{1,4,7} \cdot X6_{4,7} + \\
 & + X3_{5,7} \cdot \overline{X6}_{2,5,7} \cdot X5_{5,7} + X4_{6,7} \cdot X5_{6,7} \cdot X6_{6,7}
 \end{aligned}
 \tag{1.2}$$

Для систем, що складаються з окремих цифрових пристроїв (мікросхем), ДМ, що представлена у вигляді ЕНФ, будують аналогічно.

1.3. Методи визначення діагностичних тестів та побудування алгоритмів діагностування

1.3.1. Формування таблиці покриттів та її властивості

За вихідний модуль побудування діагностичних тестів (ДТ) та алгоритмів діагностування (АД) може бути використана таблиця несправностей або таблиця покриттів (ТП).

Таблиця покриттів – це таблиця, отримана на підставі таблиці несправностей, стовпцям якої відповідають елементарні перевірки із множини перевірок P_j , а рядки – елементи множини U_e , що складається з пар розрізняваних станів S_i, S_k . Таблиця покриттів формується так. На перехрещенні стовпця P_j та рядка U_e ставиться значення двійкової змінної $A_{j,e}$ за умови, що: $A_{j,e} = \langle 1 \rangle$, якщо результат ТН – $r_{i,j} \neq r_{k,j}$; $A_{j,e} = \langle 0 \rangle$ при $r_{i,j} = r_{k,j}$. Як правило, значення $\langle 0 \rangle$ в таблиці покриттів не проставляють.

Для прикладу розглянемо ТП (табл. 1.3.1), сформовану на основі МС (табл. 1.2.1). При формуванні ТП у даному випадку передбачається, що діагностиці підлягають тільки несправні ОД.

Таблиця 1.3.1

Таблиця покриттів

U_e	S_i, S_k	P_j						
		П1	П2	П3	П4	П5	П6	П.П
U_1	S_1, S_2	1			1	1	1	3
U_2	S_1, S_3	1	1		1	1	1	3
U_3	S_1, S_4	1						1
U_4	S_1, S_5	1	1		1			4
U_5	S_1, S_6	1	1	1	1	1		2
U_6	S_2, S_3		1					1
U_7	S_2, S_4				1	1	1	3
U_8	S_2, S_5		1			1	1	3
U_9	S_2, S_6		1	1			1	5
U_{10}	S_3, S_4		1		1	1	1	3
U_{11}	S_3, S_5					1	1	
U_{12}	S_3, S_6			1			1	
U_{13}	S_4, S_5		1		1			
U_{14}	S_4, S_6		1	1	1	1		2
U_{15}	S_5, S_6			1		1		
C_j		2	1	4	3	6	5	

Примітка: П.П. в таблиці – послідовність перетворення.

Таблиця покриттів має такі властивості:

1. Якщо в ТП утворюється пустий рядок, то пара станів, що відповідає цьому рядку, не розрізняється на заданій множині перевірок.

2. Якщо в ТП утворюється пустий стовпець, то перевірка, що відповідає цьому стовпцю, не виявляє жодної несправності і цей стовпець можна виділити з таблиці.

Перелічені властивості ТП відповідають правилам скорочення ТН, що згадувалися раніше. Таблиця покриттів може інтерпретуватись аналітичним виразом, що називається функцією таблиці покриттів (ФТП).

Функція таблиці покриттів – це аналітичний вираз у вигляді логічного добутку, множники якого відповідають рядкам ТП та визначаються, в свою чергу, як суми перевірок, що містять «1» в рядках.

Для ТП (див. табл. 1.3.1) функція ТП має вигляд

$$f_{\text{тп}} = (П1+П4+П5+П6) \cdot (П1+П2+П4+П5+П6) \cdot П1 \cdot (П1+П2+П4) \cdot \\ \cdot (П2+П5+П6)(П1+П2+П3+П4+П5) \cdot П2 \cdot (П4+П5+П6) \cdot \\ \cdot (П2+П3+П6) \cdot (П2+П4+П5+П6)(П5+П6) \cdot (П3+П6) \cdot (П2+П4) \cdot \\ (П3+П5) \cdot (П2+П3+П4+П5).$$

Якщо звести формулу $f_{\text{тп}}$ до вигляду еквівалентної нормальної форми (логічна сума логічних добутків), то кожний доданок цього виразу – це кількість перевірок, що утворюють елементарний діагностичний тест.

Для зведення функції $f_{\text{тп}}$ до вигляду ЕНФ використовують теорему булевої алгебри, що відображають комутативний, асоціативний, дистрибутивний закони і закони поглинання, склеювання та інверсії. Тотожності, що витікають з цих законів, мають вигляд

$$X \cdot X = X, \quad X \cdot (X + Y) = X + X \cdot Y = X, \quad (X + Y) \cdot Z = X \cdot Z + Y \cdot Z, \\ (X + Y) \cdot (X + Z) = X + Y \cdot Z, \quad X \cdot Y + X \cdot \bar{Y} = X, \quad \overline{X \cdot Y} = \bar{X} + \bar{Y}. \quad (1.3)$$

Використовуючи наведені тотожності, вихідна функція $f_{\text{тп}}$ може бути надана у вигляді ЕНФ

$$f_{\text{тп}} = \text{П1} \cdot \text{П2} \cdot \text{П3} \cdot \text{П4} \cdot \text{П5} + \text{П1} \cdot \text{П2} \cdot \text{П3} \cdot \text{П6} + \text{П1} \cdot \text{П2} \cdot \text{П5} \cdot \text{П6} + \text{П1} \cdot \text{П2} \cdot \text{П3} \cdot \text{П5} + \dots + \text{П1} \cdot \text{П2} \cdot \text{П4} \cdot \text{П5} \cdot \text{П6}.$$

В результаті перетворення МС у функцію $f_{\text{тп}}$ вигляду ЕНФ отримана сукупність тестів, які мають різну кількість елементарних перевірок $n_{\text{п}}$. Якщо ввести поняття «ціна перевірки», то можна розглядати вартість як критерій оцінки ДТ.

Ціна перевірки – сума витрат (часу, коштів, матеріалів, електроенергії) на виконання елементарних операцій, необхідних для реалізації перевірки (підключення, налаштування, вимірювання).

З переліку отриманих елементарних тестів можна виділити мінімальний та оптимальний ДТ.

Мінімальний діагностичний тест (МДТ) – тест, що має мінімальну кількість перевірок, необхідних для локалізації всіх раніше заданих технічних станів ОД.

Оптимальний діагностичний тест (ОДТ) – тест, мінімізований за заданим критерієм. Тест оптимізований за вартістю, має мінімальну сумарну вартість перевірок, що входять до його складу. Оптимізація за критерієм оперативності відокремить тест, загальні витрати часу на проведення перевірок якого будуть мінімальні.

Наприклад, призначимо вартості перевірок C_j в ТП (табл. 1.3.1). Тоді тестам, що отримані з функції $f_{\text{тп}}$, можна присвоїти наступні атрибути:

П1,П2,П3,П4,П5 - $\sum C_j=16$, $n_{\text{п}}=5$ – елементарний тест

П1,П2,П3,П6 - $\sum C_j=12$, $n_{\text{п}}=4$ – ОДТ, МДТ

П1,П2,П5,П6 - $\sum C_j=14$, $n_{\text{п}}=4$ – МДТ

П1,П2,П3,П5 - $\sum C_j=13$, $n_{\text{п}}=4$ – МДТ

П1,П2,П4,П5,П6 - $\sum C_j=17$, $n_{\text{п}}=5$ – елементарний тест.

Згідно з наведеним переліком, другий тест задовольняє двом критеріям одночасно.

1.3.2. Визначення діагностичних тестів методом скороченого перебору

В разі великої кількості технічних станів складання тестів аналітичним способом (за функцією $f_{\text{тп}}$) не завжди доцільно. В таких випадках для отримання МДТ та ОДТ використовують спеціальні спрощені методи (метод Яблонського-Мак-Класки, метод Сіднеєва, метод меж та границь). При розгляданні методу скороченого перебору (алгоритм Яблонського-Мак-Класки) використовується поняття порівнюваних двійкових масивів.

Порівнюваними масивами A та B називають послідовності значень двійкової змінної з однаковою кількістю позицій, для кожної з яких виконується однобічна умова $A_i \geq B_i$ або $A_i \leq B_i$. Рівність всіх позицій масивів – це окремий випадок порівнюваних масивів.

Приклад: $A_1(0,0,1,1) < B_1(0,1,1,1)$ – порівнювані масиви;

$A_2(1,0,0,1)$ та $B_2(0,1,1,1)$ – не порівнювані масиви.

Сутність методу скороченого перебору полягає в послідовному застосуванні правил перетворення ТП до повного скорочення (поглинання) її рядків та стовпців.

Правила перетворення ТП:

1. Якщо ТП має пару порівнюваних рядків, то рядок з більшою кількістю «1» викреслюють.

2. Якщо ТП має пару порівнюваних стовпців, то стовпець з меншою кількістю «1» викреслюють.

3. Якщо ТП має рядок з Ue , що має одну «1» в стовпці P_j , то рядок Ue викреслюють, а перевірку P_j додають до ДТ.

4. Якщо в ТП утворюється порожній стовпець, то його викреслюють.

Для правил 1, 2 за наявності однакових рядків або стовпців (окремий випадок порівнювання) конкуруючі рядки (стовпці) скорочуються до одного. Використання правил перетворення ТП вибирається довільно. Після перетворень ТП можливі два варіанти:

1. Всі рядки та стовпці викреслені (ТП повністю скоротилась). В цьому разі перевірки, що записані у тест, утворюють МДТ.

2. Після перетворення отримана таблиця, що не піддається подальшому скороченню (циклічна ТП). В цьому разі шукають стовпець, який містить найбільшу кількість «1» (якщо є однакові, то ви-

бирають за додатковим критерієм). Перевірку P_j вибраного стовпця записують у тест, а з ТП видаляють всі рядки, що містять «1» в j -му стовпці.

Далі скорочують ТП за прийнятими правилами. В результаті використання методу скороченого перебору може бути отриманий мінімальний або близький до нього діагностичний тест. Для ТП (див. табл. 1.3.1) можлива послідовність операцій перетворення записується так:

1. Рядки U_3, U_6 , що мають по одній «1» викреслюють, а відповідні перевірки P_1, P_2 додають до ДТ (правило 3).

2. Рядок U_{15} поглинає рядки U_{14}, U_5 як порівнювані (правило 1).

3. Рядок U_{11} поглинає рядки $U_1, U_2, U_7, U_8, U_{10}$ як порівнювані (правило 1).

4. Рядок U_{13} поглинає рядок U_4 (правило 1).

5. Рядок U_{12} поглинає рядок U_9 (правило 1).

6. Стовпець P_1 викреслюється як пустий (правило 4).

7. Стовпці перевірок P_2, P_4 однакові, як окремий випадок порівнювання, перевірку P_4 скорочуємо (правило 2).

8. Рядок U_{13} містить одну «1» у перевірці P_2 , рядок U_{13} викреслюється (правило 3), а перевірка P_2 додається до тесту. За результатами скорочень отримана циклічна таблиця (табл. 1.3.2).

Таблиця 1.3.2

Циклічна таблиця

U_e	P_j			
	P_3	P_5	P_6	$P.P$
U_{11}		1	1	10
U_{12}	1		1	9
U_{13}	1	1		9

9. Викреслюємо стовпець з максимальною кількістю «1» (за критерієм мінімальної вартості з рівних вибираємо P_3), додаємо перевірку P_3 в ДТ, а з таблиці видаляємо відповідні рядки U_{12}, U_{15} (правило розв'язання циклічної таблиці).

10. З порівнюваних перевірок П5, П6, що залишилися, додаємо до складу ДТ перевірку П6 з меншою вартістю, а перевірка П5 скорочується (правило 2).

Таким чином, в результаті перетворень ТП був одержаний МДТ – П1, П2, П3, П6. Такий же тест є одночасно і оптимальним, оскільки при виборі конкурентних рішень в процесі перетворень ТП використовувався критерій мінімізації вартості.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що для функціональної діагностичної моделі (рис. 1.2.2) з шести можливих перевірок на загальну вартість $\sum C_j = 21$ у.о., достатньо виконати чотири перевірки в обсязі МДТ на загальну вартість 12 у.о.

1.3.3. Визначення діагностичних тестів методом еквівалентної нормальної форми

Алгоритм визначення діагностичних тестів для цифрових моделей за методом еквівалентної нормальної форми (ЕНФ) будують у такій послідовності.

1. Схему, що досліджується, (модель) представляють аналітичним логічним виразом у вигляді еквівалентної нормальної форми.

2. Задають несправність з переліку можливих у формі її прояву.

3. Визначають маршрут руху інформації по елементах моделі, на якому виникає дана несправність.

4. Знаходять змінну еквівалентної нормальної форми (вхідний параметр), функціональна прив'язка якої відповідає номерам елементів маршруту руху інформації.

5. Обраній змінній надають такого значення, при якому виявляється несправність в точці її виникнення.

6. Забезпечують умову сутності обраного маршруту. Для цього в одному з термів ЕНФ, в який входить вибрана змінна, співмножникам присвоюють значення «1», а інші терми довізначаються до «0» (хоча б одному співмножнику, що входить до терма, присвоюють значення «0»).

7. Визначають бінарні значення вихідної функції моделі для справного та несправного станів шляхом виконання логічних операцій в ЕНФ при заданих значеннях змінних (вихідних параметрів).

Пункти 2...7 наведеного алгоритму виконують для кожного стану моделі. В результаті отримують цифрові тести (стимули), що задаються на входах пристрою, який діагностується, та відповідні їм значення вихідних сигналів (реакцій) для справного та несправного станів. Отримана таким чином таблиця істинності розглядається як таблиця несправностей цифрового пристрою.

Апробуємо метод ЕНФ для діагностичної моделі, наведеної на рис. 1.2.5.

1. Вираз ЕНФ має вигляд (1.3) та містить 4 терми.
2. Задаємо несправність логічного елемента «НІ» з індексом «1». Несправність проявляється у вигляді сигналу $Y_1 = \langle 1 \rangle$.
3. Маршрут руху інформації від входу X_5 до виходу Y_7 має послідовність позицій елементів 1, 3, 7 та 1, 4, 7. Вибираємо, наприклад, маршрут 1, 4, 7.
4. Згідно з (1.3) на маршруті 1, 4, 7 є змінна X_5 у другому термі.
5. Задаємо значення вибраної змінної $X_5 = 1$, при якому проявляється несправність в точці її виникнення $Y_1 = 1$.
6. Для того щоб забезпечити сутність маршруту, приймаємо значення змінних другого терма $X_2, X_6 = 1$ та довізначаємо до нуля інші терми, приймаючи $X_1, X_3, X_4 = 0$.
7. В результаті підстановки вибраних значень змінних у вираз (1.3), отримаємо функцію справного пристрою

$$Y_7 = 0 \cdot 0 \cdot 0 + 1 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0.$$

Для несправного стану ($X_5=0$) результат підрахунків буде іншим

$$Y_7 = 0 \cdot 1 \cdot 0 + 1 \cdot 1 \cdot 1 + 0 \cdot 0 \cdot 1 + 0 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Якщо вибрати маршрут 1, 3, 7, можна отримати ще один тест для визначення несправності Y_1 . Отримання додаткових тестів для локалізації цього стану також можна добитись зміною значень змінних, які довізначають вільні терми до «0». Таким чином, для виявлення однієї несправності можна отримати пакет ДТ. Для визначення несправності логічного елемента «НІ» ($Y_1 = 1$) ці тести можна представити у вигляді таблиці істинності (табл. 1.10).

Пакет діагностичних тестів

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	Y_7	Y_7	Маршрут
0	1	0	0	1	1	1	0	1, 4, 7
0	1	1	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	1	0	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	1	1	0	1	1	1	0	1, 4, 7
1	0	0	0	1	0	1	0	1, 3, 7
1	1	0	0	1	0	1	0	1, 3, 7
1	0	0	1	1	0	1	0	1, 3, 7
1	1	0	1	1	0	1	0	1, 3, 7

На основі таблиць істинності, отриманих для всіх можливих несправних станів моделі, можна сформуванати таблицю первинних діагностичних тестів цифрового пристрою (табл. 1.3.4).

Діагностичні тести цифрової діагностичної моделі

Стани S_i	X_j						Y'	Y
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6		
$Y_1=1$	0	1	0	0	1	1	1	0
$Y_2=1$	0	0	1	0	1	1	1	0
$Y_3=1$	0	1	1	1	0	0	1	0
$Y_4=1$	1	0	1	1	0	1	1	0
$Y_5=1$	1	1	0	1	1	0	1	0
$Y_6=1$	1	1	1	0	1	1	1	0
$Y_7=1$	1	1	0	1	1	0	1	0

Тести, що формуються на входах пристрою, мають бути розрізняваними для всіх її заданих станів. Якщо результати опитування пристрою первинними тестами додають однакові реакції Y' , треба провести розширене опитування моделі пакетами тестів для нерозрізняваних реакцій та локалізувати несправний стан. Наявність нерозрізняваності реакцій після розширеного опитування свідчить про наявність кількох несправностей у пристрої, який діагностується. Оптимізацію алгоритму діагностування цифрової ДМ за вартіс-

ним та ймовірним критеріями проводити недоцільно. Це пов'язано з тим, що формування стимулів та реєстрація реакцій при діагностуванні робиться одними й тими ж діагностичними приладами, а ймовірність виходу елементів схеми з ладу має однакові значення.

1.3.4. Критерії оптимізації алгоритмів діагностування

Перевірки, що входять до ДТ, можуть виконуватися в будь-якій послідовності. При цьому витрати на локалізацію несправних станів ОД будуть різними. З метою мінімізації витрат на діагностування розробляють алгоритми діагностування оптимізовані за заданими критеріями.

Оптимізований алгоритм діагностування – алгоритм, побудований за багатокроковою процедурою з використанням вибраної функції переваги.

Функція переваги (ФП) – функція, яка кількісно характеризує певну якість алгоритму, що дозволяє проводити вибір елементарних перевірок на кожному кроці процедури діагностування за своїм екстремальним значенням. Функції переваги можуть будуватися за різними критеріями. В загальному вигляді ФП представляється відношенням

$$F = \frac{f_1(\Pi_j)}{f_2(\Pi_j)}, \quad (1.4)$$

де $f_1(\Pi_j)$, $f_2(\Pi_j)$ – функції, що характеризують відповідно виграш та втрати від введення в програму діагностики перевірки Π_j .

При виборі перевірки на кожному кроці процедури діагностування перевага віддається перевірці, для якої F має максимальне значення. Функція переваги за критеріями вартості F_1 , інформативності F_2 та результативності F_3 мають вигляд

$$F_1 = \frac{1}{C_j}, \quad F_2 = \frac{1}{l_j}, \quad F_3 = \frac{1}{p_j}, \quad (1.5)$$

де C_j – вартість проведення j перевірки;

$l_j = (n1_j - n0_j)$ – функція, що визначає кількість інформації, яку

отримують при виконанні перевірки P_j ;

$p_j = (P1_j - P0_j)$ – функція, що визначає ймовірність негативного результату перевірки P_j ;

$n1_j, n0_j$ – кількість, відповідно «1» та «0», що містяться в j -му стовпці ТН;

$P1_j, P0_j$ – суми ймовірностей, відповідно позитивного та негативного результатів перевірки P_j .

Зазначимо, що ФП може визначатися декількома критеріями. При використанні багатокритеріальних ФП для оптимізації алгоритму діагностування необхідно обумовлювати їх пріоритет.

$$F_{1,2} = \frac{1}{c_j \cdot l_j}, \quad F_{3,1,2} = \frac{1}{p_j \cdot c_j \cdot l_j}. \quad (1.6)$$

Щоб порівняти алгоритми діагностування для одного й того ж тесту побудовані з використанням різних ФП, вводиться поняття умовної вартості алгоритму.

Ціна алгоритму діагностування визначається як середні витрати на відокремлення одного технічного стану об'єкта, з врахуванням вартісного та імовірнісного факторів

$$Ц_{AD} = \sum_{i=1}^N C_{Si} \cdot P_i. \quad (1.7)$$

де N – кількість технічних станів об'єкта діагностування;

C_{Si} – сума вартостей елементарних перевірок, реалізація яких дозволяє відокремити стан Si ;

P_i – ймовірність перебування об'єкта діагностування в i -му технічному стані.

1.3.5. Побудування алгоритмів діагностування

Для побудування алгоритмів діагностування необхідно визначити таке:

1. Матрицю станів, сукупність перевірок якої утворює діагностичний тест.

2. Розподіл ймовірностей P_i знаходження об'єкта в кожному з

технічних станів, що розглядаються в матриці станів.

3. Вартість проведення кожної елементарної перевірки C_j , що входить до складу діагностичного тесту.

4. Функцію переваги, за якою оптимізується алгоритм діагностування.

Процес побудування алгоритму діагностування полягає в послідовному виконанні двох операцій:

1. З множини перевірок діагностичного тестузначається перевірка, для якої функція переваги має екстремальне значення.

2. Множина технічних станів розбивається на дві підмножини, для однієї з яких обрана перевірка має позитивний результат «1», для другої – негативний «0».

Розбиття на підмножини проводиться для виділення кожного зі станів, що розглядаються. При цьому перевірки, призначені для локалізації кожного стану, не повинні повторюватись. Як приклад розглянемо побудування АД для МДТ, отриманого на основі матриці станів (див. табл. 1.2.3). Сформуємо матрицю станів, що складає сукупність перевірок МДТ, та доповнимо її розподілом ймовірностей P_i та вартостей C_j (табл. 1.3.5).

Таблиця 1.3.5

Вихідні дані для побудування алгоритму діагностування

Стани S_i	P_j				P_i
	П1	П2	П3	П4	
S_1	0	0	0	0	0,08
S_2	1	0	0	1	0,2
S_3	1	1	0	1	0,3
S_4	1	0	0	0	0,15
S_5	1	1	0	0	0,25
S_6	1	1	1	0	0,02
C_j	1	2	3	4	$\sum P_i = 1$
l_j	4	0	4	2	
p_j	0,84	0,14	0,96	0	

Побудування алгоритму з використанням функції переваги за вартістю відбувається в такий послідовності:

1. Призначаємо перевірку П1 з мінімальною вартістю $C_j = 1$ та

розбиваємо стани на підмножини S_2, S_3, S_4, S_5, S_6 – «1» ; S_1 – «0». Стан S_1 виділено.

2. Призначаємо перевірку П2 з мінімальною вартістю з тих, що залишились, та розбиваємо сукупність цих станів на множини S_3, S_5, S_6 – «1» ; S_2, S_4 – «0».

3. Стани S_2, S_4 – розрізняються тільки на перевірці П6 (з тих, що залишились). Функція переваги не використовується. Призначаємо перевірку П6 та розділяємо стани S_2 – «1», S_4 – «0».

4. Щоб розрізнити стани S_3, S_5, S_6 призначаємо перевірку П3 з мінімальною вартістю з тих, що залишились, та розділяємо їх на підмножини S_6 – «1»; S_3, S_5 – «0». Стан S_6 виділено.

5. Стани S_3, S_5 розрізнявальні тільки на перевірці П6 (з тих, що залишились). Перевірка П6 виділяє стани S_3 – «1»; S_5 – «0».

Графічне зображення побудованого алгоритму діагностування наведено на рис. 1.3.1, а.

Для побудування АД з використанням функції переваги за інформативністю F_2 таблиця доповнюється значеннями параметра lj . Далі процес побудування АД аналогічний. Пріоритетними при виборі перевірок є значення параметра інформативності lj , а потім вартості C_j . Графічне зображення АД, побудованого з використанням ФП за інформативністю, наведено на рис. 1.3.1, б. Алгоритм оптимізований за результативністю будують згідно із загальною методикою. Критерієм до вибору перевірки на кожному кроці процесу побудування є мінімальні значення параметра p_j (табл. 1.3.5). Графічне зображення алгоритму з використанням функції переваги за результативністю наведено на рис. 1.3.1, в.

Аналізуючи алгоритм діагностування (рис. 1.3.1), можна визначити вартості виділення кожного технічного стану

$$\begin{aligned}C_{S_1} = C_1 &= 1; \quad C_{S_2, S_4} = C_1 + C_2 + C_6 = 1 + 2 + 4 = 7; \\C_{S_3}, C_{S_5} &= C_1 + C_2 + C_3 + C_6 = 1 + 2 + 3 + 4 = 10; \\C_{S_6} &= C_1 + C_2 + C_3 = 1 + 2 + 3 = 6.\end{aligned}$$

Аналогічно визначають вартості виділення станів за алгоритмами з використанням функції переваги за інформативністю (рис. 1.3.1, б) та результативністю (рис. 1.3.1, в).

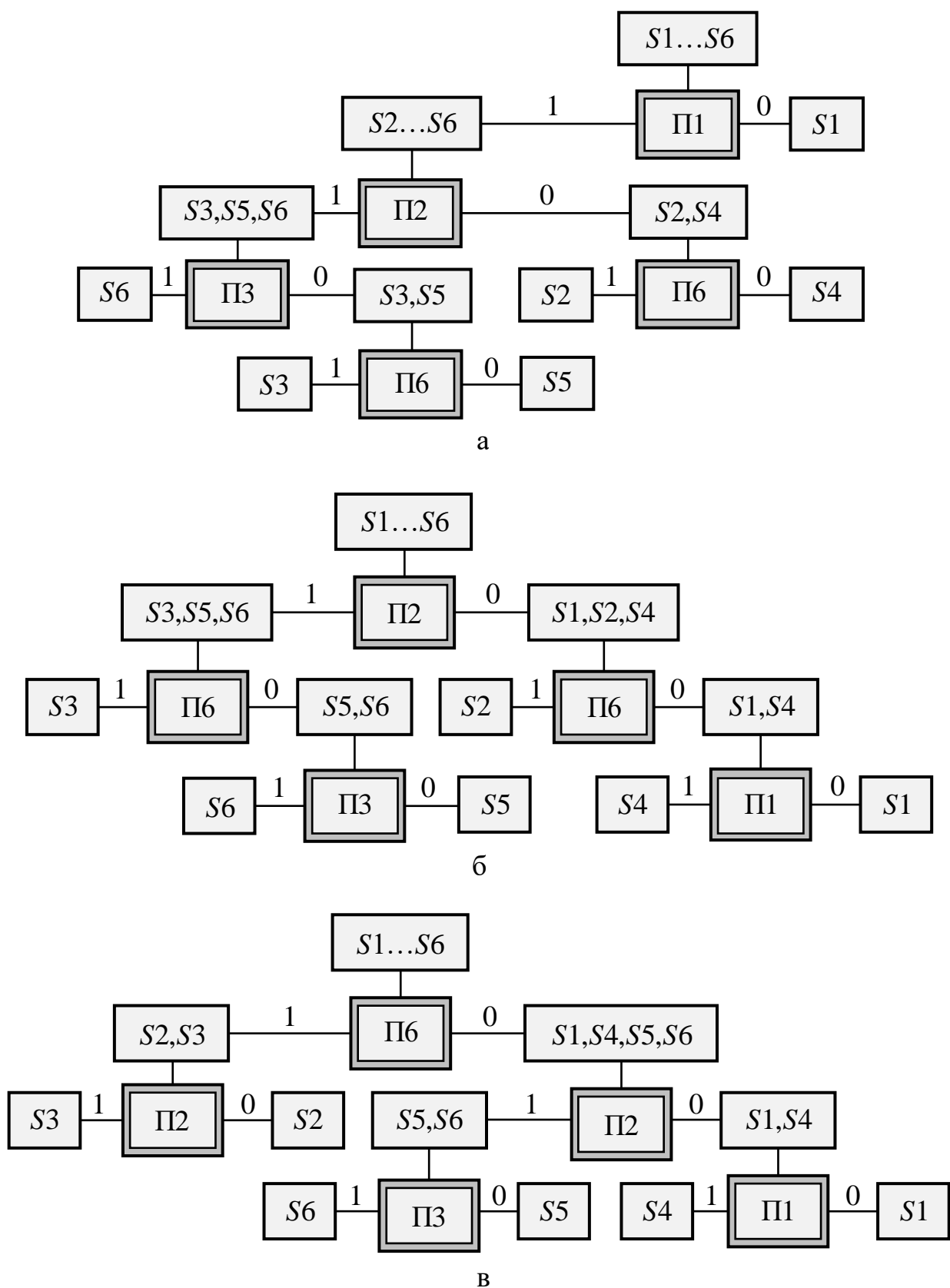


Рис. 1.3.1. Алгоритми діагностування, побудовані з використанням функції переваги за:
 а – вартістю; б – інформативністю; в – результативністю

Для порівняння АД, оптимізованих за різними критеріями, визначаємо їх ціни за виразом (1.7)

$$\begin{aligned}Ц_1 &= C_{S1} \cdot P_1 + C_{S2} \cdot P_2 + C_{S3} \cdot P_3 + C_{S4} \cdot P_4 + C_{S5} \cdot P_5 + C_{S6} \cdot P_6 = \\ &= 1 \cdot 0,08 + 7 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,15 + 10 \cdot 0,25 + 6 \cdot 0,02 = 8,15;\end{aligned}$$

$$Ц_2 = 7 \cdot 0,08 + 6 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,3 + 7 \cdot 0,15 + 9 \cdot 0,25 + 9 \cdot 0,02 = 7,04;$$

$$Ц_3 = 7,04.$$

Аналіз показав, що ціни алгоритмів діагностування за функціями F_2 та F_3 однакові та нижчі за ціну алгоритму для функції F_1 . Слід зазначити, що, хоча $Ц_2 = Ц_3$, послідовність операцій перевірок при F_2 та F_3 різні.

Розглядаючи загальний випадок побудування АД, можна зробити висновок, що найкращим, з точки зору вартості алгоритму при рівно ймовірних станах ОД, є АД побудований з використанням ФП за інформативністю (F_2), а при станах різної ймовірності – за результативністю (F_3). Згадані АД є послідовними та безумовними. Однак в більшості випадків результат кожної перевірки, якщо не дозволяє виділити несправність, то несе визначену інформацію про стан об'єкта, яка дозволяє її локалізувати. Для таких об'єктів на базі отриманих тестів будують упорядковані та умовні алгоритми, що оптимізують процес пошуку несправності. Оптимізація умовних алгоритмів діагностування проводиться з використанням ЕОМ на основі принципів динамічного програмування.

У діагностичних моделях з великою кількістю однотипних елементів побудування АД доцільно проводити з використанням ФП у вигляді

$$F_4 = \frac{P_i}{c_j}. \quad (1.8)$$

Якщо передбачається несправність будь-якої кількості елементів ОД, то найоптимальнішим є АД, побудований з використанням ФП у вигляді

$$F_5 = \frac{P_i}{c_j(1 - P_i)}. \quad (1.9)$$

Розглянуті ФП використовуються при оптимізації АД для об'єктів з простими структурами та умовами. Важчими задачами оптимізації є процеси побудування АД за наявності похибок першого роду, при перевірках методом заміни, за наявності залежних відмов та при обмеженнях на витрати.

У додатку А посібника наведено приклад побудування та аналізу діагностичної моделі мікропроцесорної системи управління інжекторним двигуном. На прикладі розглянуто: перетворення схеми системи до вигляду функціональної моделі, побудування таблиць несправностей, визначення діагностичних тестів, усунення нерозрізняваності станів, визначення розподілу ймовірностей відмов та вартостей перевірок, складання алгоритмів діагностування та розрахунок їх умовної ціни.

Контрольні запитання по розділу 1

1. Визначте поняття: «Діагностична система», «Система діагностики», «Об'єкт діагностики».

2. Визначте поняття: «Технічний стан», «Дефект», «Симптом», «Діагноз».

3. Визначте поняття: «Перевірка», «Діагностичний тест»; «Алгоритм діагностування», «Діагностичний параметр».

4. Назвіть аспекти і завдання «Технічної діагностики».

5. За якими ознаками класифікуються діагностичні параметри?

6. Як нормуються значення діагностичних параметрів?

7. Назвіть вимоги, що висуваються до параметрів, які обираються у якості діагностичних?

8. У яких станах може перебувати технічна система?

9. За якими ознаками класифікуються відмови технічних приладів?

10. Наведіть групи звужень відповідності несправність – симптом.

11. За якими загальними ознаками класифікуються перевірки технічних систем?

12. Як класифікуються перевірки технічних систем за характером участі людини?

13. Як класифікуються перевірки технічних систем за способом виявлення несправності?
14. Як класифікуються перевірки за деталізацією структури технічних систем?
15. Як класифікуються перевірки технічних систем за типом пошуку несправності?
16. Як класифікуються перевірки технічних систем за гнучкістю реалізації алгоритму діагностування?
17. Як класифікуються перевірки за методом відновлення технічних систем?
- 18.Що означають «стимули» і відгуки для електричних систем?
- 19.В чому полягає структурна та параметрична ідентифікація несправності?
- 20.Визначте поняття «Функціональна діагностична модель».
- 21.Перелічіть умови побудування функціональної діагностичної моделі.
- 22.У якому вигляді може надаватися діагностична модель?
- 23.Визначте поняття «Таблиця несправностей».
- 24.Наведіть порядок формування таблиці несправностей.
- 25.Визначте поняття «Дискретна діагностична модель».
- 26.Перелічіть умови побудування дискретної діагностичної моделі.
- 27.Що таке матриця станів?
- 28.Назвіть методи усунення нерозрізнюваності станів в бінарних таблицях несправностей.
- 29.В чому полягає метод усунення нерозрізнюваності станів за допустимими значеннями діагностичного параметра в таблицях несправностей?
- 30.В чому полягає метод негативної перевірки для усунення нерозрізнюваності станів в таблицях несправностей?
- 31.Яким чином формується таблиця опорів дискретної діагностичної моделі?
- 32.Як перетворити таблицю опорів дискретної діагностичної моделі до матриці станів?
- 33.Наведіть правила скорочення матриці станів.
- 34.Визначте поняття «Цифрова діагностична модель».

35.Перелічите умови побудування цифрової діагностичної моделі

36.Яким чином отримують аналітичне представлення цифрової діагностичної моделі у вигляді виразу еквівалентної нормальної форми?

37.Визначте поняття «Таблиця покриттів».

38.З якою метою формується таблиця покриттів.

39.Як представити таблицю покриттів у вигляді аналітичного виразу?

40.Перелічите властивості таблиці покриттів?

41.Визначте поняття «Ціна перевірки»,

42.Визначте поняття «Мінімальний діагностичний тест»,

43.Визначте поняття «Оптимальний діагностичний тест».

44.В чому полягає метод скороченого перебору при визначенні мінімального діагностичного тесту?

45.Наведіть правила скорочення таблиці покриттів при визначенні мінімального діагностичного тесту.

46.Наведіть процедуру визначення діагностичних тестів за методом еквівалентної нормальної форми.

47.Визначте поняття «Порівнювані масиви» в таблиці покриттів.

48.Наведіть послідовність операцій алгоритму визначення діагностичного тесту для цифрової моделі методом еквівалентної нормальної форми.

49.Які критерії оптимізації використовуються при побудуванні алгоритмів діагностування?

50.Визначте поняття «Функція переваги».

51.Перелічите види функцій переваги.

52.Як визначається параметр інформативності для визначеної перевірки в бінарній таблиці несправностей?

53.Як визначається параметр ймовірності для визначеної перевірки в бінарній таблиці несправностей?

54.Визначте поняття «Вартість алгоритму».

55.Які вихідні дані необхідні для побудування алгоритмів діагностування?

56.Наведіть послідовність операцій побудування алгоритмів діагностування?

Розділ 2. ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АТЗ

2.1 Принципи побудування діагностичних приладів

2.1.1. Загальні зауваження

Електрообладнання АТЗ являє комплекс електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). Таким чином перелік діагностичних параметрів електрообладнання АТЗ складається з параметрів електричних сигналів (сила струму, значення напруги, частота, шпаруватість та тривалість періодичних сигналів), електричних кіл (опір, ємність, індуктивність) та параметрів неелектричних величин (зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, щільність електроліту, частота обертання).

Електричні вимірювання електричних величин (апаратні методи) виконують контактним (гальванічним) або безконтактним способом, за допомогою перетворювачів електромагнітної енергії (датчиків електричних величин) та електричних вимірювальних приладів (вольтметрів, амперметрів, частотомірів, осцилографів, омметрів).

Електричні вимірювання неелектричних величин (апаратні методи) виконують тільки за допомогою перетворювачів неелектричної величини (впливу) до електричної (сигналу, параметру). Такі перетворювачі називають датчиками неелектричних величин (датчики температури, тиску, переміщення). Реєстрація неелектричної величини, в такому разі, здійснюється непрямо на підставі показань електричних індикаторів (вимірювальних приладів).

Неелектричні вимірювання неелектричних величин (інструментальні методи) виконують за допомогою вимірювального інструменту та вимірювальних пристроїв безпосередньої оцінки (щупи, динамометри, термометри, манометри, ареометри).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи, в більшості випадків, діагностуються за допо-

могою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Більшість приладів діагностування електрообладнання АТЗ будуються на базі електричних вимірювальних приладів загального застосування. Для тестування електронних блоків та систем, у якості імітаторів періодичних сигналів використовуються електронні релаксатори, які будуються на базі вимірювальних генераторів.

Адаптація універсальних вимірювальних приладів загального застосування до діагностування електрообладнання АТЗ з одного боку спрощує конструкцію (схемне рішення) приладу (за рахунок обмежених діапазонів вимірюваних параметрів), з іншого – підвищує витрати на їх реалізацію (за рахунок специфіки зняття і аналізу діагностичних параметрів).

Приклад. Універсальний комбінований вимірювальний прилад (тестер, мультиметр) має значні діапазони вимірювань опору, напруги (постійної і змінної) та обмежений діапазон вимірювання струму (постійного і змінного). Авто-тестером (автомобільним мультиметром) навпаки, достатньо вимірювати невелику напругу живлення борта та порівняно малі опори обмоток. При цьому в авто-тестері надана можливість вимірювати значні струми стартерної мережі. Крім того, в авто-тестері з'являються шкали вимірювань характерних параметрів (кута замкнутого стану контактів переривника, швидкості обертання ДВЗ, температури рідини). Автомобільний осцилограф на відзнаку від універсального багатоканального осцилографа має звужений діапазон вхідного атенюатора та специфічні види розгортки для спостереження растрових, послідовних та суміщених зображень електричних процесів по колах системи запалювання. Слід додати, що для підключення автомобільних вимірювальних приладів, в ряді випадків, застосовуються спеціальні вимірювальні адаптери (зонди, термопари, безконтактні датчики струму, високовольтні подільники напруги).

2.1.2. Класифікаційні ознаки засобів діагностування

Засоби діагностування можна розрізняти за декількома класифікаційними ознаками (рис. 2.1.1).



Рис. 2.1.1. Класифікаційні ознаки засобів діагностування

В технічному завданні на розробку, спочатку визначають функціональне призначення діагностичного засобу та його категорію, що комплексно характеризує конструкцію або композицію і прив'язку засобу до об'єкту діагностики. Потім уточнюють конструктивні атрибути та функціональне наповнення засобу діагностики. Далі розглядається клас (марки) транспортних засобів або їх складових (систем, агрегатів) для визначення переліку діагностичних параметрів, які підлягають аналізу, діапазонів та умов їх вимірювання (реєстрації). Перелічені ознаки є підставою для складання ідентифікаційних кодів в каталогах продукції, що реалізується. За першою ознакою розрізняють декілька категорій діагностичного засобу, які підпорядковані певним чином (рис. 2.1.2).

Діагностичний прилад – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметру (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом.

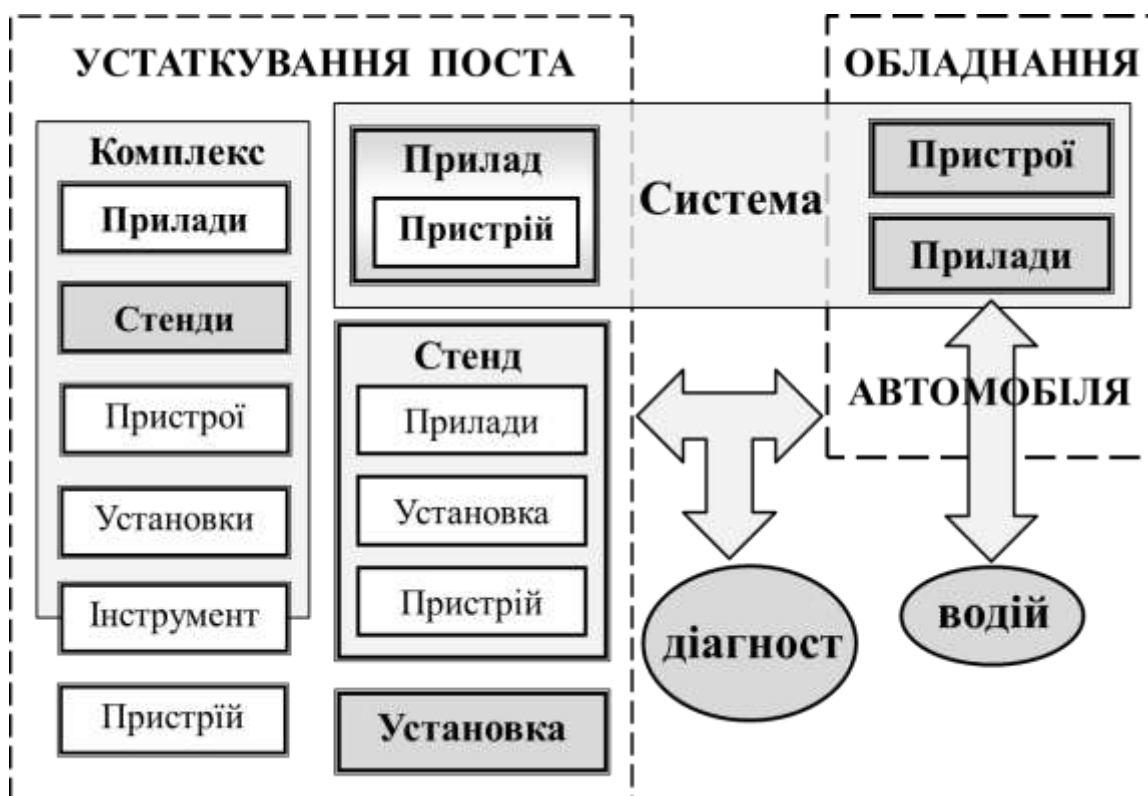


Рис. 2.1.2. Категорійна підпорядкованість засобів діагностування

Діагностичний пристрій – засіб діагностики, який входить до складу діагностичного приладу (стенду, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів).

Діагностичне обладнання – засоби діагностики, які встановлюються на борту транспортного засобу або інтегроване в його агрегати чи системи (входить до складу транспортного засобу).

Діагностичне устаткування – засоби діагностики, які використовуються за межами борта транспортного засобу (не входить до складу транспортного засобу).

Діагностична установка – засіб діагностики, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок.

Діагностичний стенд – стаціонарне конструктивне та функціональне поєднання діагностичної установки і діагностичних приладів.

Діагностична система – засіб діагностики в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівні.

Діагностичний інструмент – простий неелектричний засіб діагностики, який призначено для вимірювання (реєстрації) неелектричного діагностичного параметру або налаштування вузлів та агрегатів.

Діагностичний комплекс – функціонально пов’язане діагностичне устаткування до складу якого входять діагностичні стенди та прилади різного призначення. (діагностичні пости, лінії).

Діагностичні прилади та устаткування для обслуговування автомобілів можна поділити на функціональні групи відповідно до призначення об’єктів діагностики (рис. 2.1.3).



Рис. 2.1.3. Класифікація електричних засобів діагностування АТЗ за призначенням

Стосовно традиційних (основних) систем електрообладнання АТЗ можна визначити прилади, які використовуються для діагностування певних пристроїв та систем електрообладнання і універсальні діагностичні прилади. До першої групи належать прилади спе-

ціального призначення: стробоскопи для діагностування автоматів випередження запалювання; реглоскопи – для контролю та регулювання світлових потоків фар головного освітлення; тестери АКБ – для визначення технічного стану АКБ. До універсальних приладів, які можуть застосовуватися для діагностування будь-якої електричної системи, слід віднести комбіновані вимірювальні прилади (авто-тестери) та автомобільні осцилографи. До цієї ж групи можна віднести імітатори сигналів датчиків електронних систем автомобіля.

Якщо діагностування електромеханічних агрегатів проводиться в знятому з автомобіля стані (агрегатна діагностика), можуть застосовуватися спеціальні випробувальні стенди для імітації механічних впливів на пристрій (агрегат).

Процес діагностування механічних систем автомобіля зазвичай потребує використання випробувальних стендів для імітації дорожніх умов автомобіля та вимірювальних комплексів для реєстрації неелектричних діагностичних параметрів.

Слід зазначити, що ДВЗ за функціональним складом являє сукупність механічних та електричних систем і тому прилади для діагностування ДВЗ (мотор-тестери) розглядаються, як комплекс вимірювальних приладів електричних та неелектричних параметрів систем ДВЗ. При цьому передбачається вимірювання діагностичних параметрів на робочих режимах ДВЗ.

2.1.3. Структура та конструкція діагностичних приладів

За структурною ознакою діагностичні прилади можна поділити на вимірювачі, активізатори і тестери (рис. 2.1.4).

Вимірювач (рис. 2.1.4, а) – діагностичний прилад, в якому інформаційний сигнал про діагностичний параметр формується за рахунок енергії об'єкту діагностики. При вимірюваннях електричних параметрів (напруги, частоти, струму), використовується енергія електричного кола об'єкту діагностики (амперметр, вольтметр, частотомір). При цьому може здійснюватися контактний (без датчика) або безконтактний (з датчиком електричної величини) спосіб відбору енергії. Якщо вимірюється неелектричний параметр (температура), використовується енергія його величини (теплота). В цьому випадку інформаційний сигнал формується датчиком відповідної не-

лектричної величини (датчиком температури). Слід додати, що прилад з структурою вимірювача, може мати додаткове джерело енергії для живлення датчика, перетворювача чи індикатора (цифрові вольтметри, амперметри).

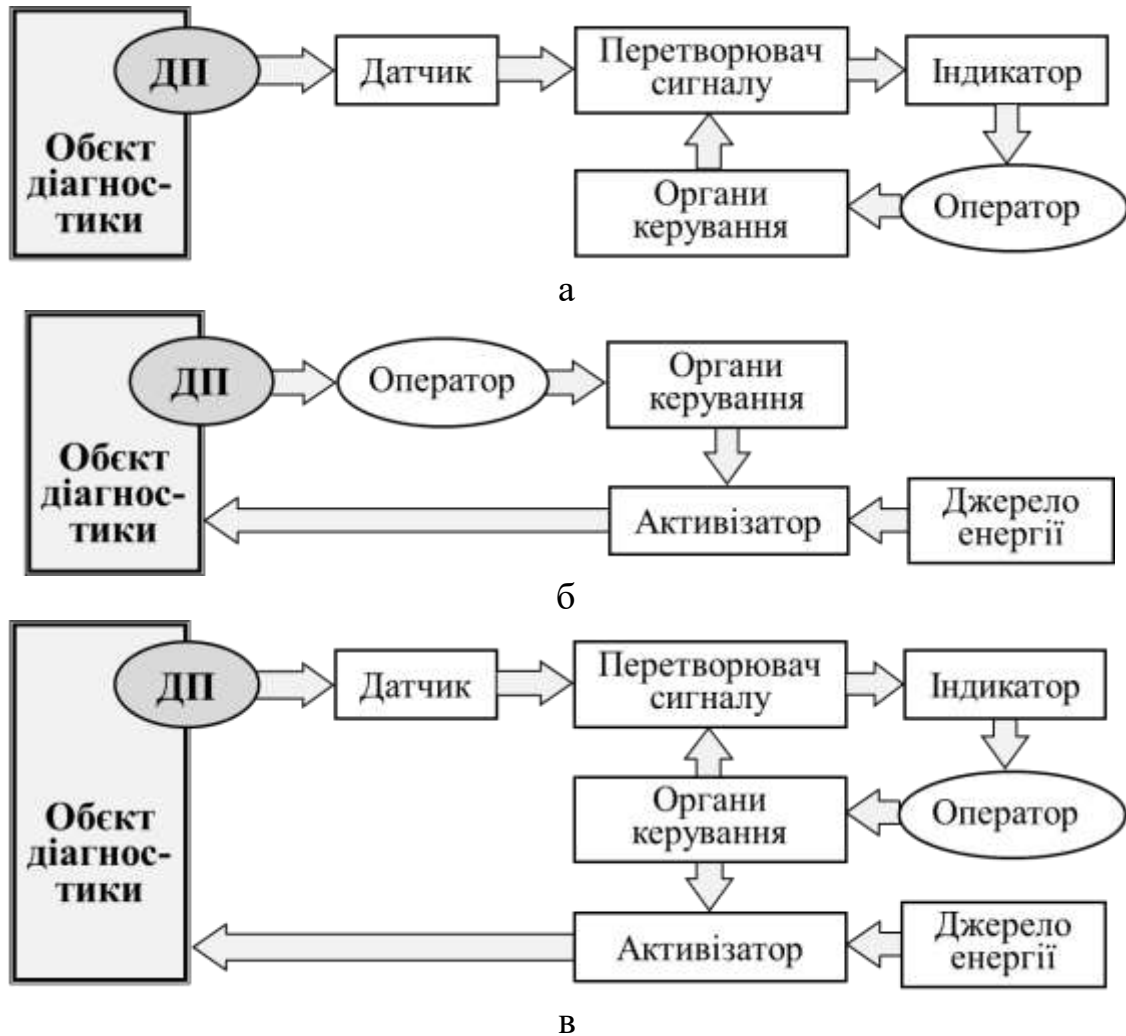


Рис. 2.1.4. Структурна схема діагностичного приладу:
а – вимірювача; б – активізатора; в – тестера

Активізатор (рис. 2.1.4, б) – діагностичний прилад, в якому діагностичний параметр формується об'єктом діагностики за рахунок впливу джерела енергії діагностичного приладу, а сприйняття (якісна та кількісна оцінка) діагностичного параметра здійснюється суб'єктивно оператором (без індикатора). Наприклад, назва приладу «стробоскоп» розуміється як слово складене з двох коренів «строб» - імпульсне підсвічування, «скоп» - спостерігати.

Тестер (рис. 2.1.4, в) – діагностичний прилад структура якого поєднує елементи (функції) вимірювача та активізатора (індукційний дефектоскоп, омметр).

На етапі розробки конструкції засобу діагностики обраної категорії, визначають та узгоджують конструкційні атрибути майбутнього виробу або обирають конструктивний прототип (аналог, попередню модифікацію чи базовий зразок). Синтез конструкції та схемного рішення засобу діагностики починають з вибору типу живлення, класу мобільності та виду індикації з урахуванням умов (місця) проведення діагностичних операцій (рис. 2.1.5).



Рис. 2.1.5. Класифікація засобів діагностики за конструкційними ознаками

В першу чергу з'ясовують місце проведення діагностичних робіт. За цим атрибутом розрізняють засоби, що використовуються: на борту автомобіля в стаціонарних умовах (діагностика за вихідними параметрами систем автомобіля) або в русі транспортного засобу (за структурними параметрами систем); в умовах діагностичного поста або лінії (за вихідними параметри автомобіля); в умовах електровідділення (за структурними параметрами агрегатів) або ді-

льниці відновлення електронних блоків (за структурними параметрами електронних блоків). Таке угруповання дозволяє проводити цілеспрямований підбір аналогів засобів діагностики по каталогам і довідникам з діагностичного устаткування. Крім того, перелічені умови експлуатації діагностичного засобу визначають наявність джерел живлення, потрібну мобільність та зручність користування засобом на робочому місці.

За класом мобільності розрізняють переносні, пересувні, стаціонарні, настільні й вмонтовані засоби діагностики.

До переносних конструкцій відносять портативні прилади та прилади у вигляді «діагностичної валізи». Другий варіант дозволяє розширити функціональні можливості (додатковими пристроями) та діапазони вимірювань параметрів.

Пересувні стенди мають роликові візки і комплектуються автономними АКБ або підключаються до промислової мережі. Пересувні стенди надають більш широкий діапазон вимірювань діагностичних параметрів, і можливість діагностування силових елементів (АКБ, стартер, генератор) безпосередньо на борту автомобіля.

Настільні прилади та стенди діагностування розраховані на живлення від промислової електромережі. Дозволяють використовувати різні типи індикаторів. Використовуються для випробувань елементів систем електрообладнання середньої потужності.

Стаціонарні стенди живляться від промислової електромережі і магістралі стисненого повітря. Не мають обмежень за споживаною потужністю та типом індикації. Використовуються для випробувань силових агрегатів автомобіля.

До вмонтованих засобів діагностики відносять системи вмонтованих датчиків (СВД) і бортові діагностичні системи (БДС). Застосування перших дозволяє скоротити час постановки діагнозу за рахунок скорочення часу підготовчих операцій (установка датчиків, підключення та налаштування приладів). Використання других – проводити моніторинг технічного стану систем автомобіля під час транспортного процесу та виключати аварійні ситуації в автоматичному режимі.

У засобах діагностування використовуються прилади з різним типом індикації (див. рис. 2.1.5).

Стрілочні індикатори (електромеханічні вимірювальні прилади) зручні для спостережень (вимірювань) діагностичних параметрів при стаціонарних змінах їх значень. До недоліків таких приладів слід віднести порівняно невисоку точність, недостатню стійкість до перешкод, певну орієнтацію приладу під час вимірювання, недостатню надійність і вібростійкість.

Цифропоказуючі індикатори дозволяють досягти високої точності та роздільної здатності, не вимагають певної орієнтації під час вимірювань, не чуттєві до зовнішніх впливів. Однак спостереження та аналіз показань при динамічних змінах параметра ускладнено через дискретизацію процесу виводу інформації.

Осцилографи дозволяють одержувати найбільш детальну (у ряді випадків надлишкову) інформацію про електричний сигнал. До обмежень використання осцилографів (особливо запам'ятовуючих) можна віднести їх порівняно високу вартість.

За допомогою стробоскопічних приладів вимірюються параметри, пов'язані з обертанням колінчатого валу ДВЗ. В таких приладах використовується простий спосіб спостереження (вимірювання) фазових зсувів у робочих процесах теплових двигунів.

Іноді для локалізації несправності достатньо визначити лише факт наявності сигналу (напруги живлення). В такому разі, найбільш доцільно застосовувати звичайні сигнальні індикатори.

Моніторні засоби індикації використовуються в комп'ютерних інформаційно-вимірювальних системах. Такі системи дозволяють модифікувати вимірювальну інформацію до зручного вигляду (таблиць, графіків, діаграм, діагностичних повідомлень).

Комп'ютерна база засобів діагностування дозволяє використовувати цифрові периферійні пристрої виводу інформації, зокрема друкуючі принтери. Застосування принтерів дозволяє документувати діагностичну інформацію безпосередньо в процесі діагностування, що значно підвищує оперативність і продуктивність процесів діагностування в умовах діагностичних постів і ліній.

Концептуальні системи індикації проєкційного типу використовуються під час транспортного процесу. Поточна експлуатаційна, діагностична і сервісна інформація, а також інформація про дорожню ситуацію виводиться на лобове скло автомобіля у вигляді напівпрозорого, різнобарвного, асоціативного зображення. Причому ін-

формація чергується у визначеній послідовності та з різними інтервалами відображення. Порядок та інтенсивність відсвічування тієї чи іншої інформації визначається комп'ютером залежно від важливості повідомлення. Така інтелектуальна система відображення дозволяє використовувати переваги і виключити недоліки всіх розглянутих індикаторів зорової інформації.

Використання на борту інформаційних приладів зі звуковою індикацією дозволяє зменшити навантаження зору оператора-водія під час руху автомобіля і підвищити безпеку руху.

2.1.4. Функціональність діагностичних приладів

За функціональним наповненням засоби діагностики можна поділити на окремі групи: найпростіші, спеціалізовані, спеціальні, універсальні, комбіновані, комплексні (рис. 2.1.6).



Рис. 2.1.6. Класифікація засобів діагностики електричних пристроїв та систем за функціональним наповненням

До найпростіших засобів відносять вимірювальні прилади безпосередньої оцінки (амперметр, вольтметр, омметр), пристрої (індикатор, пробник) і підручні засоби (перемичка, клемник).

Спеціалізовані прилади та установки призначені для діагностування і регулювання окремих елементів систем електрообладнання. Такі прилади мають цілком визначену функцію за призначенням (реглюскоп, навантажувальна вилка, дефектоскоп обмоток).

Більш широкі функціональні можливості мають спеціальні стенди та прилади, що використовуються для діагностування елементів та агрегатів окремих систем в майстернях (стенд перевірки елементів системи запалювання СПЗ, прилад перевірки елементів системи контрольно-вимірювальних приладів).

Для діагностування будь-якої електричної системи за параметрами електричних сигналів та кіл використовуються універсальні вимірювальні прилади загального призначення (осцилографи, мультиметри, генератори) та автомобільні універсальні прилади (автомобільні осцилографи, авто-тестери, імітатори сигналів).

Комбіновані засоби діагностики – прилади та стенди, які виконують функції декількох спеціальних приладів (мотор-тестери).

Комплексні засоби діагностики (діагностичні комплекси) – програмно-апаратні засоби та діагностичне устаткування, що призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів автомобіля (пости і лінії діагностики).

З огляду на сказане, можна визначити переважні конструкційні атрибути засобу діагностики для визначених умов (місця) проведення діагностичних робіт.

На борту автомобіля в стаціонарних умовах перевага надається переносним універсальним приладам з цифровими індикаторами, які мають автономне живлення чи підключаються до АКБ автомобіля.

На борту в русі автомобіля використовуються універсальні та комбіновані прилади комп'ютерної периферії, що «спілкуються» з бортовою діагностичною системою. В таких приладах на відзнаку від попередньої групи виправдано застосування моніторних засобів індикації.

В умовах діагностичного поста є можливість використання діагностичних комплексів стаціонарного або пересувного базування прилади яких мають широку функціональність і операторську периферію (індикатори та органи керування). Живлення діагностичних комплексів передбачається від промислових мереж напруги та стисненого повітря.

В умовах електровідділення, зазвичай, використовуються спеціальні діагностичні стенди в стаціонарному та настільному виконанні та спеціалізовані прилади, які живляться від напруги промислової

мережі. В такому діагностичному устаткуванні достатньо обмежитись використанням стрілочних та світлосигнальних індикаторів.

В умовах дільниці відновлення електронних блоків виправдано використання універсальних вимірювальних приладів зі штатними індикаторами, які живляться від напруги промислової мережі.

2.1.5. Особливості діагностування електрообладнання АТЗ

При проектуванні нових або модернізації існуючих засобів діагностики слід враховувати особливості процесу діагностування електрообладнання АТЗ, пов'язані з альтернативністю методів і засобів діагностики, передбачених умов і місця проведення діагностичних операцій та необхідного ступеню локалізації несправності.

Під назвою методу діагностики, в загальному випадку, розуміють декілька ознак (аспектів), які можуть визначати: вид перевірок технічної системи; вид діагностичного параметра на підставі якого ставиться діагноз; принцип побудови вимірювальної системи; місце та умови проведення діагностичних операцій; засіб діагностики, який використовується.

Методи діагностування технічних систем за видом перевірок можна класифікувати за декількома загальними ознаками (див. рис. 1.1.3). Очевидно, що вид діагностичного параметра визначає можливі методи та відповідно і засоби його вимірювання. Зазначимо, що для контролю визначеного виду діагностичного параметру можуть використовуватися декілька різних приладів або методів вимірювання (варіантів побудови вимірювальної системи діагностичного приладу).

За глибиною локалізації або деталізації діагностичні перевірки розподіляють на елементні, модульні, групові і комплексні. Реалізація перевірок за цією ознакою в основному визначається конструкцією засобу діагностики, метою і місцем проведення діагностичних операцій.

Необхідна ступінь локалізації несправності визначає місце та умови проведення діагностичних операцій. І навпаки обране місце (умови) проведення діагностичних операцій визначає можливу ступінь локалізації несправності (рис. 2.1.7).



Рис. 2.1.7. Структура локалізації несправностей

Зазвичай на борту автомобіля несправність локалізують до рівня агрегату (модульні перевірки), а в електровідділенні – до рівня структурних елементів агрегату (елементні перевірки). В умовах поста в першу чергу перевіряються вихідні характеристики автомобіля за якими оцінюють працездатність всіх систем автомобіля (комплексні перевірки). За допомогою газоаналізатора (на посту або на борту) локалізуються несправності систем ДВЗ. Більш детально розглянемо діагностичні параметри та методи діагностування електричних систем автомобіля (рис. 2.1.8).

Діагностичні параметри електричних та електронних пристроїв можна поділити умовно на декілька груп: параметри постійних значень, параметри діючих значень, часові параметри, параметри форми.

До приладів оцінки параметрів постійних значень можна віднести вимірювачі електричного опору R (омметри), постійної напруги U (вольтметри) та струму I (амперметри).



Рис. 2.1.8. Класифікація методів діагностики електричних систем автомобіля

Омметри використовуються для «холодної» перевірки кіл та дискретних елементів схеми (прилад, що перевіряється, вимкнено). Вольтметри та амперметри використовують для оцінки діагностичних параметрів при ввімкнутому об'єкті діагностики («гаряча» перевірка кіл).

Діагностичні параметри діючих значень, до яких відносять напругу змінного струму та змінний струм, вимірюються амперметрами та вольтметрами змінного струму (генератори змінного струму, сигнальні кола електронних блоків).

Часові параметри електричних сигналів (частота f , тривалість імпульсу t_s та їх шпаруватість q) дозволяють оцінювати роботу часозадавальних, формувальних та релаксаційних кіл і каскадів електронних пристроїв систем керування, вимірюються за допомогою частотомірів та осцилографів.

Параметри форми сигналу (амплітуда, крутизна фронтів, нерівність вершини імпульсу), використовуються для оцінити значень розподілених реактивних параметрів імпульсних кіл (електронні блоки, система запалювання), вимірюються за допомогою осцилографів.

Фазовий зсув між періодичними гармонійними сигналами однакової частоти (напруги та струму) характеризує реактивну складову

ву опору кола змінного струму, вимірюється за допомогою осцилографів. В імпульсних пристроях фазовий зсув періодичних сигналів взагалі розглядається як функціональний параметр. Інформація про фазові зсуви у робочих процесах ДВЗ (кути випередження α запалювання, подачі палива, випуску газів) дозволяє оцінити оптимальність функціонування його систем (вимірюються за допомогою стробоскопів).

В електричних системах АТЗ застосовуються перетворювачі електричної енергії різного призначення (прилади освітлювання, нагрівачі, актуатори та т. і.), тому до переліку діагностичних параметрів можна додати параметри світлового пучка головних фар, температуру нагрівальних елементів, робочі зазори та т. і.; до переліку методів вимірювання – оптоелектричні, термоелектричні, тензометричні та т.і.; до переліку діагностичних приладів – реглоскоп, стробоскоп, термометр, динамометр, ареометр, та т. і.

При виборі методу вимірювання визначеного діагностичного параметру та розробці відповідного діагностичного приладу прагнуть отримати найбільш ефективне рішення. При цьому слід врахувати, що вартість діагностичного приладу є складовою вартості постановки діагнозу. З цих позицій розглядають альтернативні та безальтернативні прилади (методи) діагностування.

Альтернативні прилади (універсальні) – певна несправність може бути локалізована за допомогою різних діагностичних приладів (при різних витратах на постановку діагнозу та різній інформативності параметру). Наприклад, напругу живлення можна контролювати за допомогою індикатора напруги (наявність) або мультметру (середнього рівня напруги) або осцилографа (рівні напруги регулювання, величини пульсацій випрямлення і регулювання).

Безальтернативні прилади (спеціалізовані) – певна несправність може бути локалізована тільки за допомогою певного діагностичного приладу. Наприклад, орієнтацію світлових пучків головних фар перевіряють тільки за допомогою реглоскопу.

Слід додати, що при діагностуванні транспортного засобу, його систем і агрегатів, поряд із застосуванням інструментальних методів діагностики (апаратної діагностики), використовуються органолептичні методи діагностики на підставі симптомів та ознак несправностей (суб'єктивна діагностика).

2.2. Способи вимірювання діагностичних параметрів електричних систем

2.2.1. Вимірювання напруги та струму

Значення напруги та струму, що вимірюються в різних точках електричних кіл електрообладнання автомобіля, розглядаються як діагностичні параметри. Для вимірювання напруги застосовуються вольтметри різних типів. Класифікація вольтметрів за загальними ознаками наведена на рис. 2.2.1.



Рис. 2.2.1. Класифікація вольтметрів

Аналогічним чином можна класифікувати і вимірювачі струму (амперметри). Основними параметрами за якими обирають вимірювач напруги чи струму (тип вольтметра чи амперметра) є: рід напруги (струму); максимальне значення вимірюваної величини; вхідний опір приладу; клас точності (похибка вимірювань); чутливість та перевантажувальна здатність; стійкість до зовнішніх впливів. Для вольтметрів та амперметрів змінної напруги визначним параметром також є частотний діапазон в якому забезпечується нормована точність вимірювань.

Вольтметри та амперметри безпосередньої оцінки (аналогові прилади) – електромеханічні стрілочні прилади різних вимірювальних систем кожна з яких має свої переваги та недоліки стосовно їх використання у якості вимірювачів напруги чи струму.

В більшості випадків, в приладах для вимірювання постійної напруги та струму застосовують магнітоелектричні вимірювальні системи, які мають задовільні метрологічні характеристики в діапазонах невеликих значень вимірюваних величин. Вимірювальна обмотка таких приладів (мікроамперметрів) розрахована на вимірювання слабких струмів та має досить великий опір $r_A = 10 \dots 100$ Ом.

До недоліків магнітоелектричних вимірювальних систем слід віднести: низький (для вольтметрів) та високий (для амперметрів) вхідний опір (обмежений діапазон вимірюваних величин), чутливість до перевантажень та зовнішніх впливів. Позбавитись більшості цих недоліків можна шляхом підключення додаткового опору (резисторів) у вимірювальне коло.

Слід зауважити, що в реальних вольтметрах безпосередньої оцінки для розширення границі вимірювання, зазвичай, використовують вимірювальні голівки мікроамперметрів з каліброваним резистором, який підвищує вхідний опір приладу.

Для розширення діапазону вимірювань, підвищення вхідного опору вольтметрів та зниження вхідного опору амперметрів безпосередньої оцінки використовують багато граничні прилади за схемами дільника напруги та дільника струму (рис. 2.2.2).

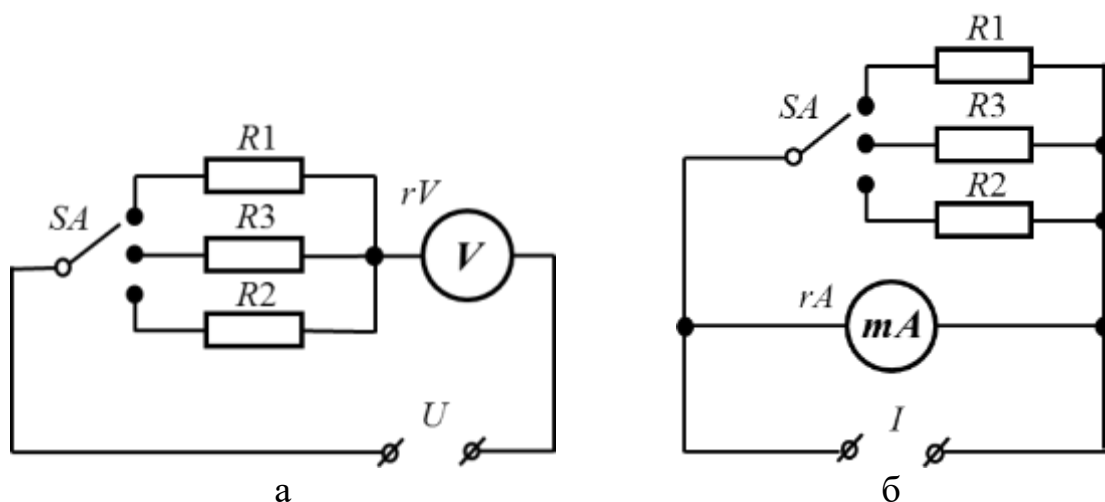


Рис 2.2.2. Схеми багато граничних вимірювальних приладів:
а - вольтметра; б - амперметра

В таких вольтметрах послідовно з вимірювальною голівкою, що має границю вимірювання $V_{1.\max}$, включається додатковий резистор добавки $R_{\text{д}}$ (рис. 2.2.2, а), величина опору якого разом з власним опором голівки r_V , визначає вхідний опір $R_{V.\text{вх}}$ та границю вимірювання вольтметра $V_{2.\max}$.

$$R_{V.\text{вх}} = r_V + R_{\text{д}}, \quad V_{2.\max} = V_{1.\max} \frac{r_V + R_{\text{д}}}{r_V}, \quad R_{\text{д}} = r_V \left(\frac{V_{2.\max}}{V_{1.\max}} - 1 \right).$$

Для розширення діапазонів вимірювань амперметрів (від границі $A_{1.\max}$, до границі $A_{2.\max}$) паралельно з вимірювальною голівкою підключається додатковий резистор шунта $R_{\text{ш}}$ (рис. 2.2.2, б). В такому разі параметри приладу визначаються за формулами

$$R_{A.\text{вх}} = \frac{r_A \cdot R_{\text{ш}}}{r_A + R_{\text{ш}}}, \quad A_{2.\max} = A_{1.\max} \frac{r_A + R_{\text{ш}}}{R_{\text{ш}}}, \quad R_{\text{ш}} = r_A \frac{A_{1.\max}}{A_{2.\max} - A_{1.\max}}.$$

В приладах для вимірювання більших значень вимірювальних величин застосовують менш чутливі вимірювальні системи (електромагнітні, електродинамічні, електростатичні). Подальший шлях розширення діапазонів вимірювання полягає у використанні безконтактних способів підключення приладів (застосування датчиків електричних величин). Так наприклад для вимірювання змінної напруги використовуються ємнісні та індуктивні датчики, а для вимірювання змінного струму – індукційні. В такому разі, вимірювальна система, зазвичай, доповнюється вторинним перетворювачем енергії сигналу (електронним підсилювачем). Для вимірювання миттєвих значень постійного струму використовуються магнітоелектричні перетворювачі (лінійні датчики Холла) та амперметри побудовані на їх основі (рис. 2.2.3).



Рис 2.2.3. Зовнішній вигляд безконтактних вимірювачів струму:
а – датчик струму; б - кліщовий амперметр

Використання безконтактних амперметрів особливо актуально у випадках коли підключення приладу в розрив кола гальванічним способом утруднено або не можливо (наприклад стартерна мережа).

Електронні вольтметри мають електронну вимірювальну частину (перетворювач напруги), що дозволяє значно підвищити вхідний опір приладу ($R_{вх} = 10 \dots 100$ мОм) та його чутливість. У якості індикатора в таких вольтметрах використовується аналоговий прилад безпосередньої оцінки PV (рис. 2.2.4).

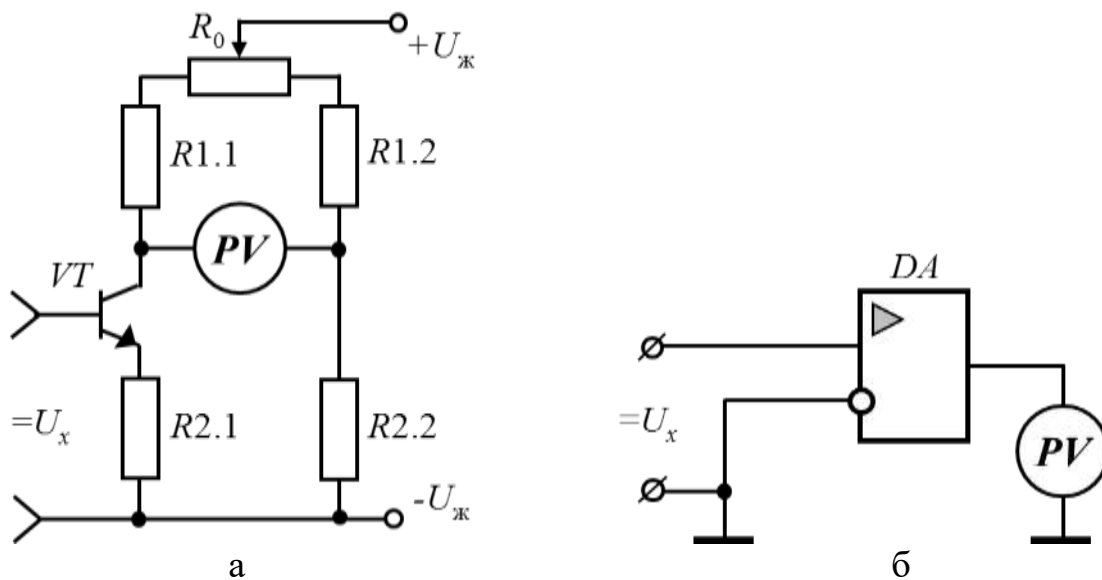


Рис 2.2.4. Схемні рішення електронних вольтметрів постійного струму:
 а – на дискретних елементах; б – з використанням операційного підсилювача

Для усунення дрейфу нуля й одержання лінійних функцій перетворення сигналу вольтметри електронного типу будують за мостовою схемою з керуючим транзистором VT (рис. 2.2.4, а), або застосовують операційний підсилювач DA (рис. 2.2.4, б).

У цифрових вольтметрах як вимірювальна частина використовується аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), а у якості індикатора – цифровий індикатор (рис. 2.2.5). На рисунку позначено: ГРІ – генератор рахункових імпульсів; ДЧ – дільник частоти; ГПІ – генератор пилоподібних імпульсів; СП – схема порівняння; ТШ – тригер Шмідта; СД – схема дозволу; ЦЛ – цифровий лічильник; ПК – перетворювач коду індикатора; ЦІ – цифровий індикатор.

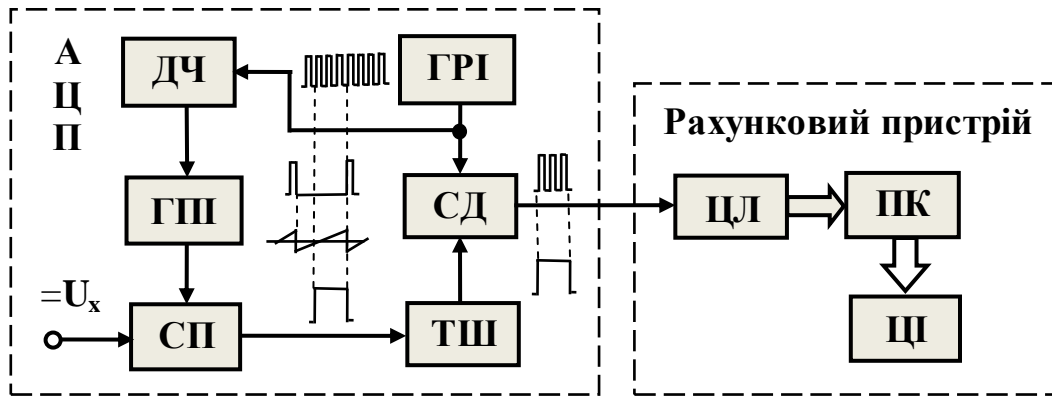


Рис 2.2.5. Функціональна схема цифрового вольтметра

Цифрові вольтметри мають високий вхідний опір $R_{вх} > 10 \text{ мОм}$ і високу роздільну здатність, яка визначається числом знаків після коми на пристрої індикації.

Зазвичай, всі стрілочні електромеханічні й інтегруючі цифрові вимірювальні прилади розраховані на вимірювання діючого чи середньоквадратичного значення напруги або струму. Для несинусоїдальних величин середньоквадратичне значення визначається через сукупність складових гармонік розкладу по рядах Фур'є. Якщо величина носить імпульсний характер і до того ж шпаруватість проходження імпульсів значна, виникають складнощі, щодо визначення її діючого значення. Збільшення періоду інтегрування миттєвих значень у таких випадках досягають застосуванням детекторів середньоквадратичних значень з термоперетворювачами (рис. 2.2.6).

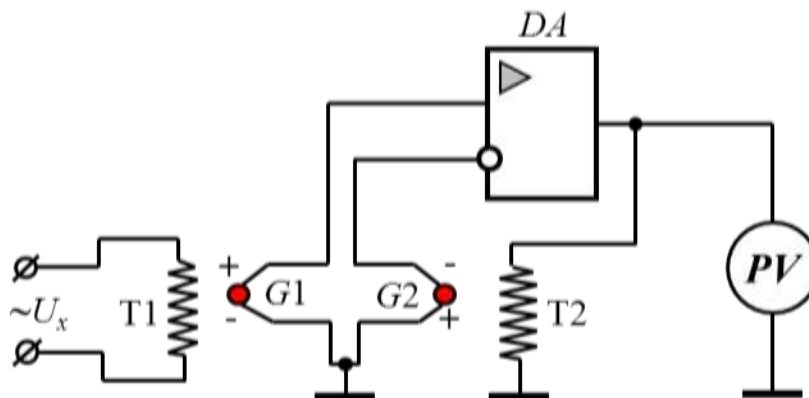


Рис 2.2.6. Принципова схема детектора середньоквадратичних значень з термоперетворювачами

Електричний сигнал подається на нагрівальний елемент T_1 , який збуджує в термопарі G_1 електрорушійну силу (ЕРС) постійного значення пропорційну середньоквадратичному значенню величини, яка вимірюється. Другий термоперетворювач T_2 , G_2 , включений у коло від'ємного зворотного зв'язку підсилювача DA стабілізує процес вимірювання. Поряд із простотою перетворення сигналу вимірювач такого типу має малий вхідний опір і значний час вимірювання.

В *пікових вольтметрах* використовуються пікові детектори (рис.2.2.7, а).

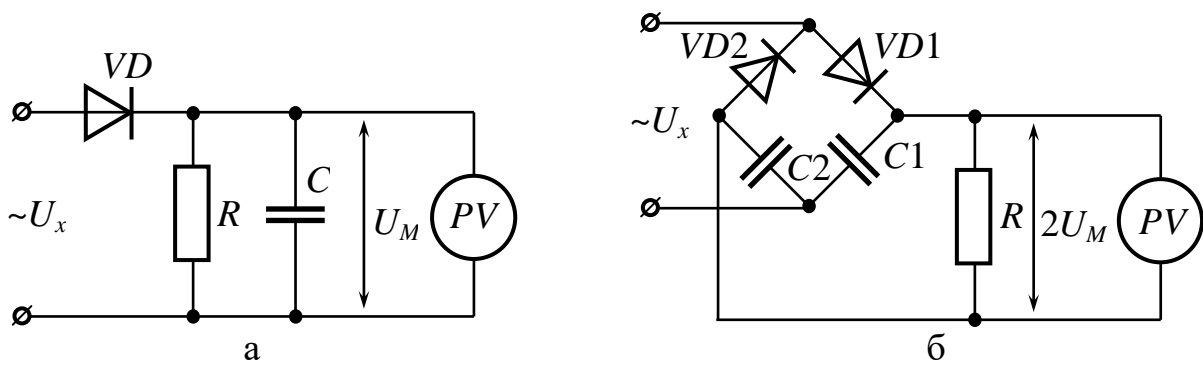


Рис. 2.2.7. Принципові схеми пікових вольтметрів:
а – вимірювач амплітуди; б – вимірювач розмаху

Піковий детектор містить однонапівперіодний випрямляч на діоді VD та інтегруючу ємність C . Для вимірювання розмаху змінної напруги використовуються *вимірювачі розмаху* (рис. 2.2.7, б). Такі прилади дозволяють вимірювати напругу в діапазоні $U_x=0,2\dots300$ В, з частотою до $f=1000$ мГц. Похибка вимірювань при цьому не перевищує 5%, а вхідний опір зазвичай складає $R_{вх} = 50$ кОм.

Селективні вольтметри призначені для вимірювання рівня напруги окремих гармонійних складових сигналу і визначення коефіцієнта гармонік. Вибіркова частина вольтметра реалізується шляхом включення смугового фільтру СФ в коло від'ємного зворотного зв'язку широкосмугового підсилювача DA (рис. 2.2.8). При настроюванні фільтру (RC -контур) на обрану частоту коефіцієнт передачі кола зворотного зв'язку приймає мінімальні значення, в наслідок чого зростає коефіцієнт підсилення основного тракту і напруга на виході підсилювача досягає максимуму. Після випрямляча ВП, вихідна напруга реєструється вольтметром постійного струму.

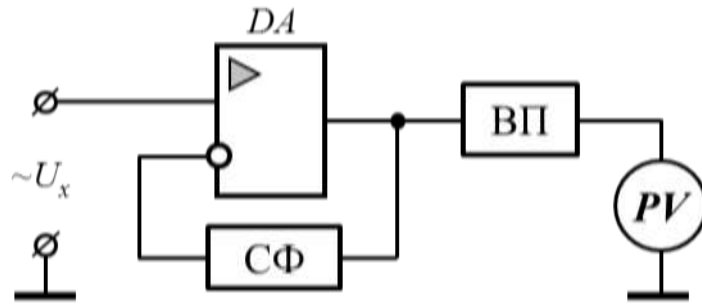


Рис 2.2.8. Принципова схема селективного вольтметра

Більшу вибірковість і широкий діапазон вимірюваних частот забезпечують селективні вольтметри побудовані за схемою гетеродину (аналогічно радіоприймачам). Вольтметри такого типу застосовуються при аналізі електромагнітної сумісності АТЗ в радіочастотному діапазоні і характеризуються діапазоном перетину і смугою пропускання сигналу.

2.2.2. Використання вимірювальних генераторів і вимірювання частоти сигналу

У системах автоматичного керування робочими процесами і руху автомобіля як інформаційні використовуються періодичні сигнали, частота яких пропорційна частоті обертання колінчастого вала ДВЗ, осі коліс чи швидкості руху автомобіля. До таких систем можна віднести системи: автоматичного пуску і керування ДВЗ, круїз-контролю, антиблокувальні системи і системи стабілізації курсової стійкості автомобіля й ін.

Під час діагностування перелічених систем на борту автомобіля та їх окремих агрегатів та електронних блоків в умовах електровідділення виникає необхідність відтворювати сигнали, що імітують сигнали датчиків обертання. У якості імітаторів сигналів датчиків можуть використовуватися універсальні вимірювальні генератори низькочастотного діапазону й імпульсні генератори.

Генератори будуються за базовими схемними рішеннями: кварцового резонатора, реактивної трьох точки (гармонійні коливання), мультівібратора (прямокутних імпульсів), блокінг-генератора (імпульсів малої шпаруватості).

Основними параметрами, що характеризують вихідний сигнал генератора є амплітуда, частота, форма, шпаруватість, вихідний опір (потужність) генератора. Останній параметр може бути визначений експериментально при підключенні до генератора навантаження з відомим опором R_H

$$R_{Г.вих} = R_H \left(\frac{E}{U} - 1 \right),$$

де E – величина напруги (ЕРС) на виході ненавантаженого генератора;

U – падіння напруги на навантаженні при визначеній ЕРС.

В універсальних вимірювальних генераторах передбачено оперативне регулювання і контроль параметрів сигналу. Генератори імпульсів широкого застосування класифікуються за декількома ознаками (рис. 2.2.9).



Рис. 2.2.9. Класифікація генераторів імпульсів

Час-амплітудні параметри, якими регламентується реальний прямокутний імпульс, показані на рис. 2.2.10, де A – амплітуда; b_1, b_2 – викиди відповідно на вершині і зрізі; b_3 – нерівномірність вершини; τ_i, τ_f, τ_z – тривалість відповідно імпульсу, фронту і зрізу.

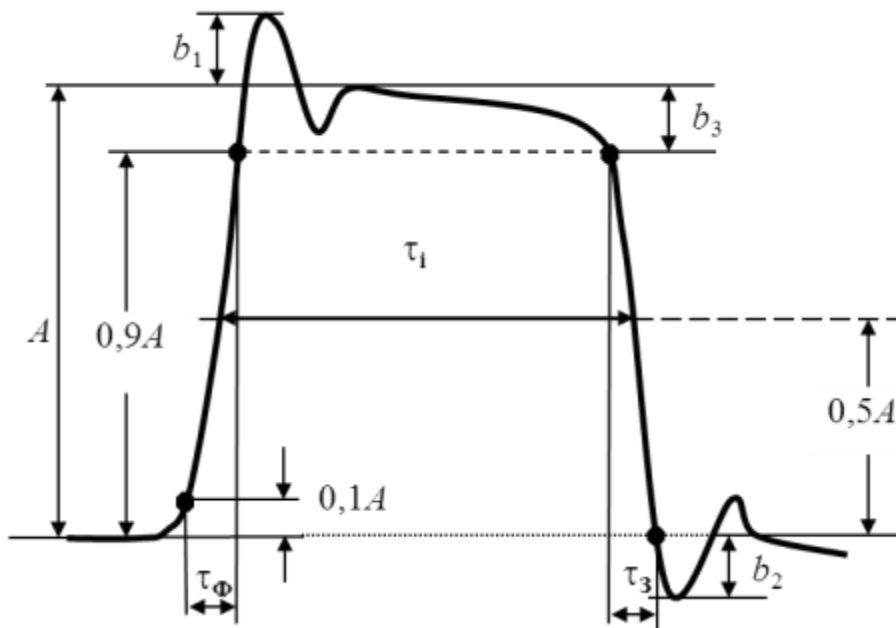


Рис. 2.2.10. Параметри реального імпульсу

Для вимірювання частоти сигналу використовуються електронні частотоміри аналогового і цифрового типу. За принципом побудови розрізняють аналогові та цифрові (електронно-рахункові) частотоміри. В аналогових частотомірах перетворювач частота/рівень величини будується за різним схемним рішенням з використанням часозадаючих RC кіл. Схема вимірювача частоти періодичного сигналу довільної форми з використанням RC -кіл, показана на рис. 2.2.11.

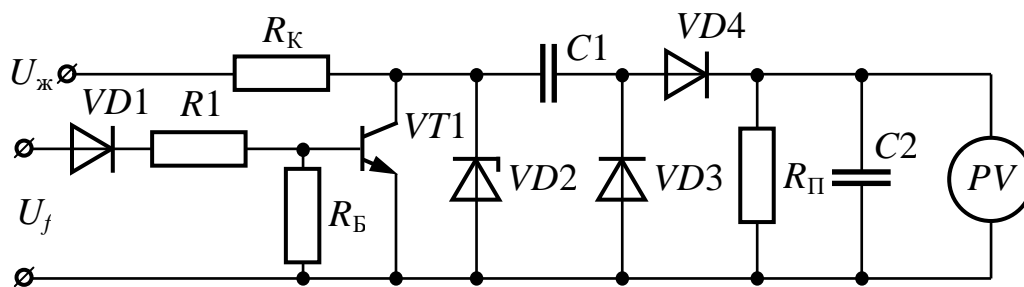


Рис 2.2.11. Аналоговий вимірювач частоти з пасивним RC перетворювачем

В таких частотомірах сигнал, який змінюється за частотою, перетворюється до рівня постійної напруги. Амплітуда і шпарува-

тість імпульсів на вході перетворювача, в такому разі, мають бути незмінними. Схема частотоміра складається з формувача прямокутних імпульсів (полярності – $VD1$, фронтів – $VT1$, амплітуди $VD2$), перетворювача частота/напруга ($C1$ – ємність, яка диференціює, $C2$ – ємність, яка інтегрує) та стрілочного (аналогового) індикатора (вольтметра) PV , проградуєваного в одиницях частоти. Недоліком частотомірів такого типу є нелінійність функції перетворення, викликана експонентним характером перезаряду ємності та значні пульсації вихідної напруги при низьких частотах. Знаходять застосування в пристроях граничної реєстрації частоти.

Частотоміри сигналів довільної форми, побудовані на базі очікуючого мультивібратора (рис. 2.2.12), мають порівняно лінійну передаточну функцію у діапазоні робочих частот $f = 5 \dots 200$ Гц.

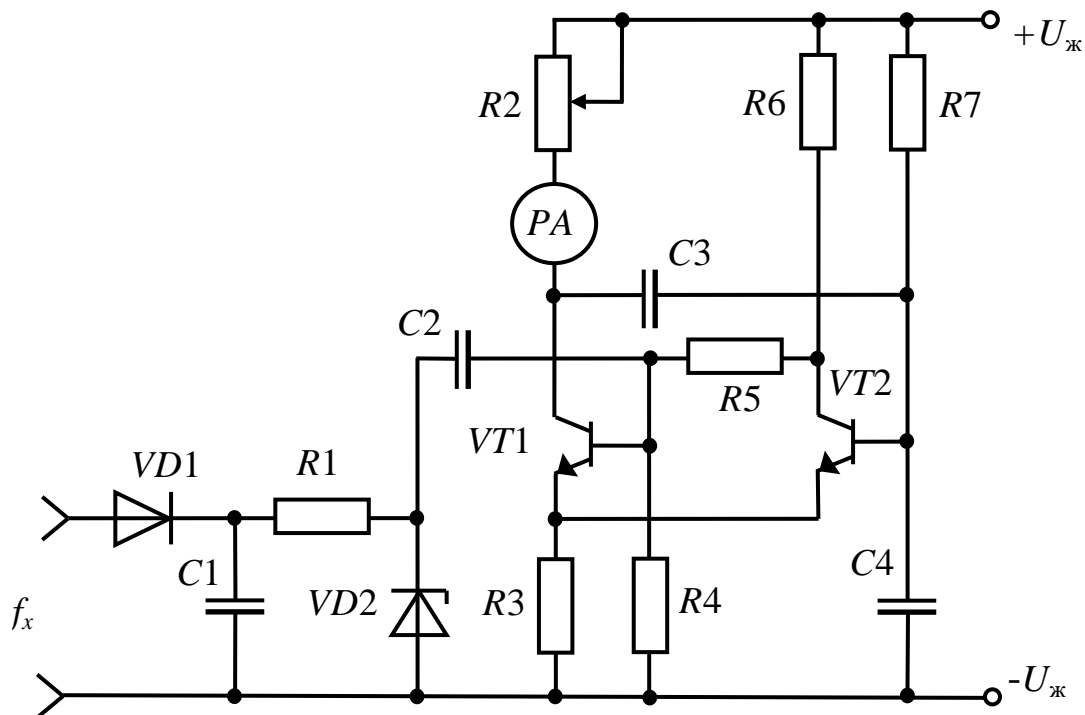


Рис 2.2.12. Аналоговий вимірювач частоти, побудований за схемою одновібратора

Схема частотоміра складається з формувача синхронізуючого імпульсу ($VD1$ – випрямляч, $C1$ – фільтр верхніх частот, $VD2$ – стабілізатор амплітуди, $C2$ – ємність, яка скорочує тривалість сигналу), одновібратора, побудованого на транзисторах $VT1$, $VT2$ з часозадаючою ємністю $C3$ та електромеханічного амперметра PA .

Сигнал, що вимірюється, запускає очікуючий мультивібратор, який формує імпульс фіксованої тривалості. При зміні частоти сигналу (синхронізуючих імпульсів) змінюється і частота вихідного сигналу одновібратора при постійній тривалості вихідних імпульсів. Отже, зміна частоти вхідного сигналу приводить до зміни частоти і шпаруватості вихідного сигналу, а відповідно і до зміни середнього за період струму в колі навантаження одновібратора. Частотоміри такого типу характеризуються порівняно невисокою точністю вимірювань і знайшли застосування в штатних тахометрах автомобіля.

Цифрові частотоміри складаються з: формувача вимірюваного сигналу; бази часу, що генерує часовий інтервал вимірювання; рахункового пристрою, який підраховує імпульси за визначений період часу (рис. 2.2.13).

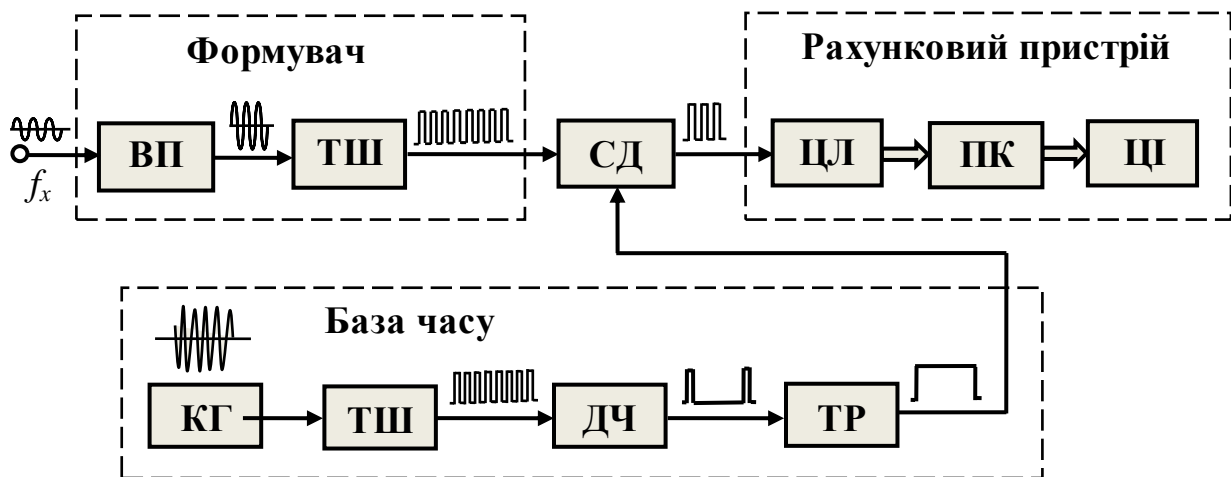


Рис. 2.2.13. Схема функціональна електронно-рахункового частотоміра

На рис. 2.2.13 позначено: ВП – вхідний підсилювач; ТШ – тригер Шмідта; СП – схема порівняння; СД – схема дозволу; ЦЛ – цифровий лічильник; ПК – перетворювач коду індикатора; ЦІ – цифровий індикатор; КГ – кварцовий генератор; ДЧ – дільник частоти; ТР – тригер рахунковий.

Частоту обертання роторних частин агрегатів можна вимірювати за допомогою стробоскопічного пристрою. При цьому, спалах стробоскопу, який освітлює обертаючу частину об'єкту, формується вимірювальним генератором з частотою, яка контролюється. Якщо частоти спалахів стробоскопа і обертання роторної частини співпадають, буде уявлятися нерухомість роторної частини.

2.2.3 Осцилоскопічні вимірювання

Конкуруюча назва приладу осцилоскоп або осцилограф пояснюється подвійною формою реєстрації сигналу (граф – рисувати, скоп – спостерігати). За способом формування зображення розрізняють електромеханічні, електронно-променеві та цифрові (моніторні) осцилографи (осцилоскопи).

В *електромеханічних (шлейфових) осцилографах*, осцилограма (графік часової функції) отримується шляхом відхилення світлового пучка освітлювача, який розташовано на рухомій частині електромеханічного вимірювального приладу (амперметра, вольтметра), на світлочутливій поверхні носія інформації (фотоплівки), яка переміщується з заданою швидкістю (часом розгортки). До недоліків осцилографів такого типу слід віднести обмежену швидкість розгортки та точність вимірювань, недостатню надійність та підвищену інерційність.

В *електронно-променевих осцилоскопах* зображення отримується шляхом збудження люмінесцентного слою екрану електронним пучком, положення якого керується електростатичною системою відхилення. Такі осцилографи мають високу надійність та зручність користування, практично не мають інерційності та дозволяють досліджувати короточасні періодичні процеси. Поряд з цим електронно-променеві осцилоскопи не дозволяють реєструвати та документувати повільні і неперіодичні сигнали. Створення електронно-променевих осцилографів з *фіксуючим екраном* дозволило позбавитись означених недоліків, а застосування цифрових технологій – забезпечити додаткові сервісні функції сучасних *запам'ятовуючих осцилографів* (автоматичне настроювання розгортки та атенюатора, зберігання та порівняння декількох кадрів в однаковому форматі і по різних каналах, цифрування зображення візиром, статистична обробка сигналу і т.і.).

Під час аналізу електричних процесів в складних системах до речно користуватися багатопроменевими або багатоканальними осцилографами, які дозволяють спостерігати осцилограми в декількох точках схеми одночасно.

Багатопроменеві осцилографи мають декілька променевих та відхиляючих систем, що дозволяє спостерігати одночасно на спіль-

ному екрані приладу відповідну кількість електричних процесів, зображення яких незалежно параметрується за чутливістю, розгорткою та яскравістю (окремі атенюатори, системи розгортки, модулятори промінів).

Багатоканальні осцилографи мають одну променеву та відхиляючу системи. Щоб одночасно спостерігати зображення декількох сигналів на екрані, в осцилографах такого типу передбачено комутатор почергового підключення каналів та модулятор променю. При цьому можуть забезпечуватися різні режими зображення: почергової розгортки, переривистої розгортки, сумарного сигналу.

Дослідження періодичних сигналів за допомогою осцилографа дозволяє отримати найбільш детальну інформацію про стан електричного пристрою або системи в процесі їх діагностування.

Щодо використання у електрообладнанні автомобіля, осцилографи знайшли застосування при діагностуванні систем запалювання та електропостачання де, як вихідні діагностичні розглядаються параметри напруги, яка періодично змінюється. Осцилографи також можуть використовуватися при діагностуванні електронних блоків автомобіля циклічної дії (реле поворотів, реле очисників скла та ін.) та частотно-параметричних блоків (електронних спідометрів, реле блокування стартера, реле обмеження обертів колінчастого валу та ін.) в умовах електровідділення. В цьому випадку проводиться оцінка параметрів періодичних сигналів вмонтованих релаксаційних генераторів або сигналів, що подаються на вхід пристрою як стимули (сигнали імітаторів).

Осцилографи, адаптовані до діагностування систем запалювання, мають спеціально форматований екран і дозволяють одержувати послідовне, накладене і растрове зображення осцилограм. Такі функції можуть виконуватись багатоканальними або багато променевими осцилографами.

Послідовне зображення (парад циліндрів) дозволяє перевірити роботу кожного циліндра окремо, спостерігаючи за всіма циліндрами одночасно. Така розгортка сигналів системи запалювання є переважною при порівнянні амплітудних значень та рівнів напруги окремих циліндрів (рис.2.2.14).

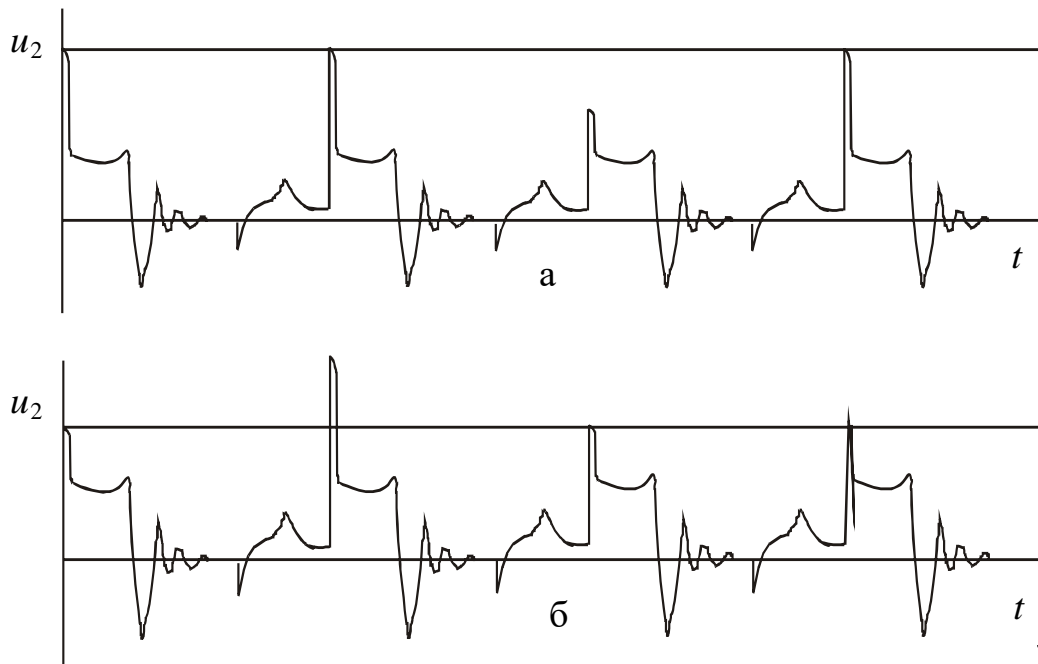


Рис. 2.2.14. Осцилограми вторинної напруги послідовного зображення:
а - зменшений зазор третьої свічки; б - збільшений зазор другої свічки

Суміщене зображення сигналів вторинної напруги системи запалювання дозволяє оцінювати ідентичність електричних процесів у колах свічок та спостерігати за розбіжністю форми осцилограм (рис.2.2.15).

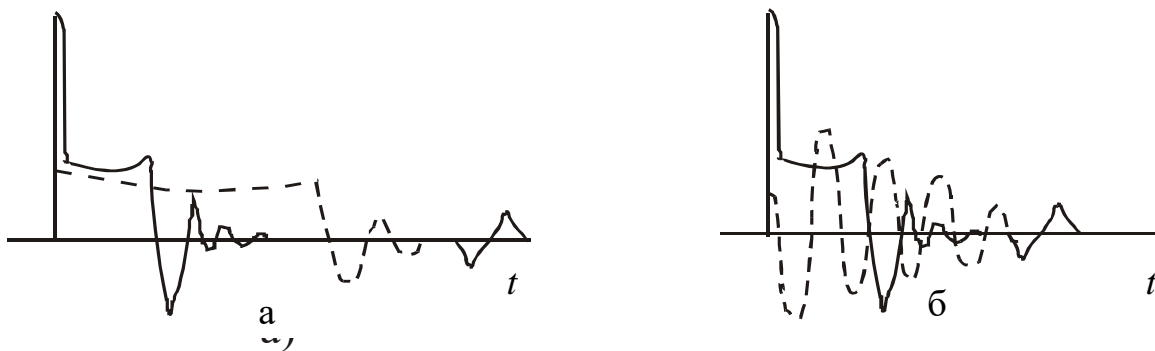


Рис. 2.2.15. Осцилограми вторинної напруги накладеного зображення:
а – пробій високовольтного проводу свічки;
б – обрив центрального високовольтного проводу

Ступінь викривлення осцилограми, щодо форми сигналу справної системи, дозволяє локалізувати несправність до рівня елемента

(місця), а іноді і установити причину несправності без демонтажу системи.

Використання *растрового зображення* осцилограм по циліндрах найбільш ефективно під час визначення і порівняння фазових (часових) параметрів декількох ідентичних сигналів (імпульсів напруги у центральному високовольтному проводі).

Використання багатоканальних осцилографів (на відзнаку від растрового зображення в одноканальних) дозволяє одночасно спостерігати за синхронними сигналами в різних точках схеми пристрою або системи (рис.2.2.16).

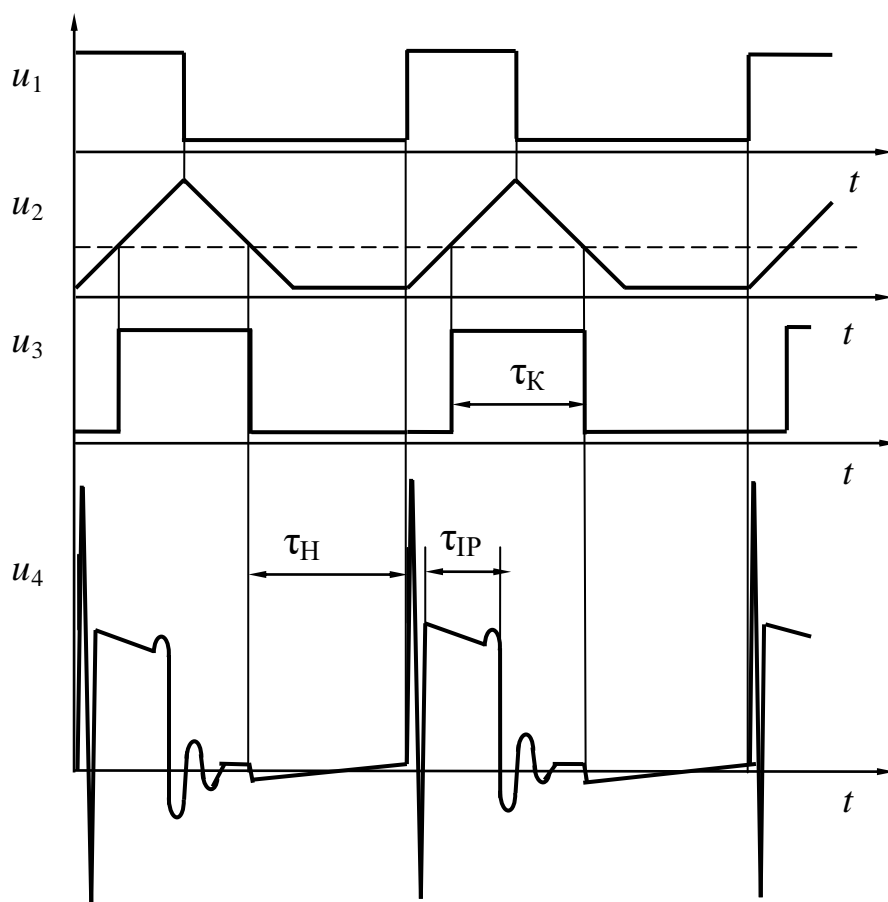


Рис. 2.2.16. Осцилограми напруг у контрольних точках схеми комутатору струму системи запалювання з нормуванням часу накопичення енергії:

u_1 – на виході інвертора; u_2 – на виході інтегратора;
 u_3 – на виході компаратора; u_4 – на котушці запалювання

За наведеними осцилограмами спостерігається фазовий зв'язок між сигналами та визначаються нормовані часові параметри (трива-

лість імпульсу корекції τ_K , час накопичення енергії τ_H , тривалість іскрового розряду τ_{IP}).

Енергію іскрового розряду (індуктивної фази) в системах запалювання визначають через значення напруги і струму вторинного кола, шляхом інтегрування функцій цих величин протягом часу підтримки іскри τ_{IP}

$$W_L = \int_0^{\tau_{IP}} u_2(t) i_2(t) dt \approx 0,5 U_{IP} \cdot I_L \cdot \tau_{IP},$$

де U_{IP} – середнє значення напруги іскрового розряду, В;

I_L – максимальне значення струму індуктивної фази іскрового розряду, А.

Значення потрібних параметрів, при цьому, вимірюють по осцилограмах, які отримують за допомогою двоканального осцилографа (рис. 2.2.17, а).

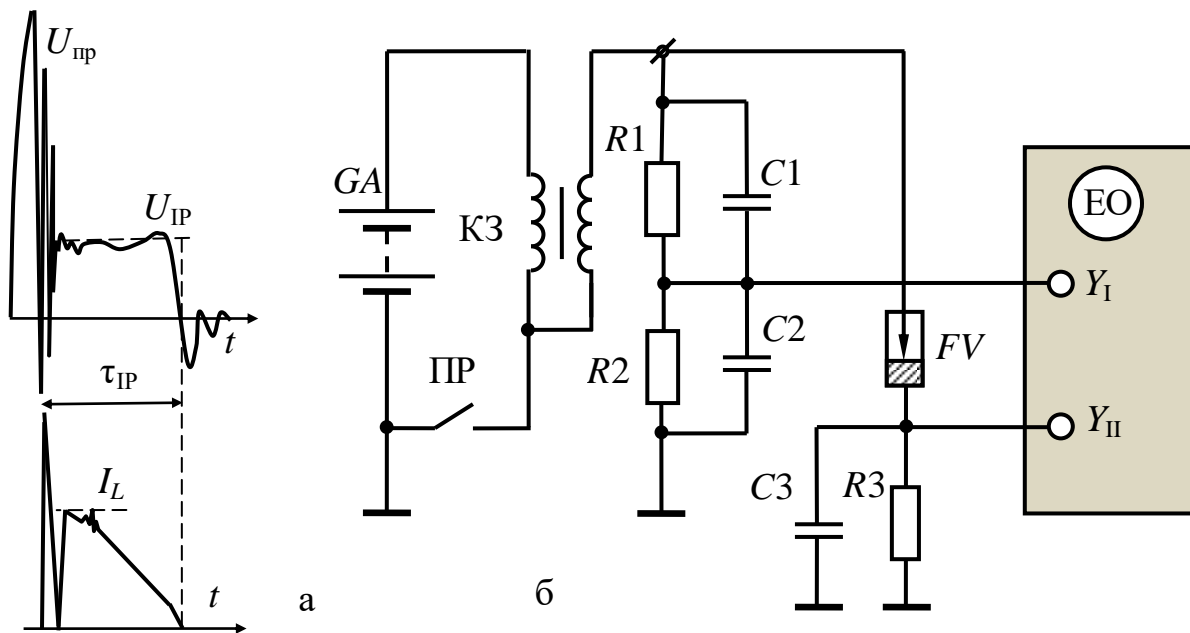


Рис. 2.2.17. Вимірювання енергії іскрового розряду: а – схема підключення осцилографа; б – осцилограми напруги вторинного кола та струму іскрового розряду

Слід зазначити, що для підключення вторинного кола системи запалювання до осцилографа застосовуються накладні безконтактні датчики високої напруги ємнісного чи індуктивного типу (безкон-

тактний спосіб) або спеціальні ємнісні подільники напруги (рис. 2.2.17, а). На рисунку позначено: ПР – контакти переривника; КЗ – котушка запалювання; ЕО – електронно-променевий двоканальний осцилограф; СЗ – свіча запалювання; R_1, R_2, C_1, C_2 – елементи високовольтного подільника напруги; R_3, C_3 – елементи датчика струму вторинного кола. Мінімальні викривлення форми сигналу індуктивної фази високовольтного розряду будуть спостерігатися при виконанні умови $C_1R_1 = C_2R_2$.

Поряд з вимірюванням вихідних діагностичних параметрів при діагностуванні електричних систем керування ДВЗ виконується оцінка структурних параметрів системи. До таких параметрів належать сигнали датчиків різного призначення (рис. 2.2.18).

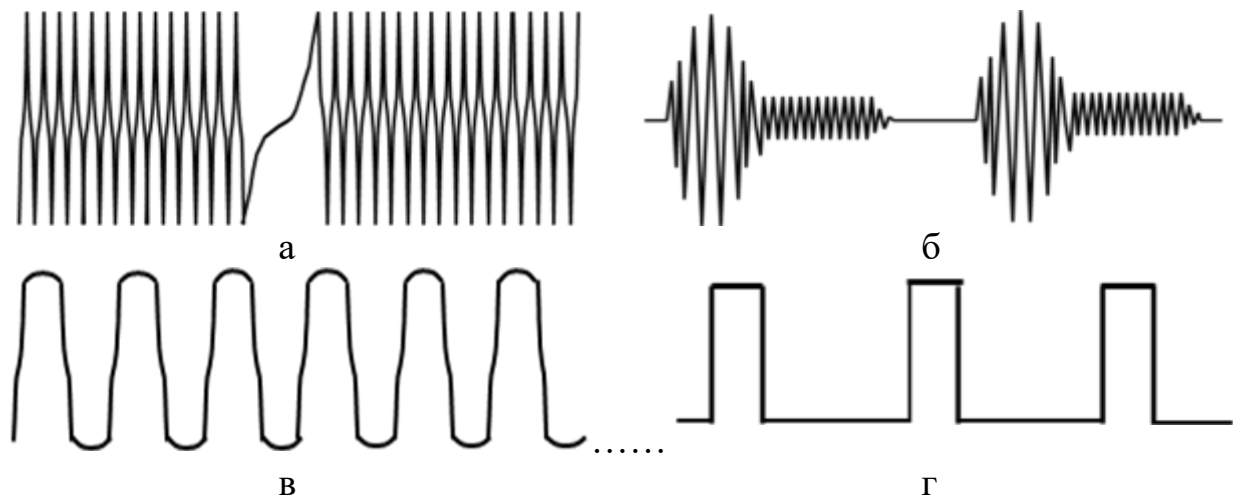


Рис.2.2.18. Сигнали датчиків систем керування ДВЗ:
а – кутового положення колінчастого валу; б - детонації;
в – цифрового датчика Холла

При діагностуванні системи електропостачання за допомогою осцилографа як діагностичні параметри розглядаються: рівень δU і період τ_B пульсацій випрямлення; амплітуда ΔU і період T_P пульсації регулювання; середнє значення постійної напруги U_{cp} ; напруга спрацьовування U_C і повернення U_{II} (рис.2.2.19).

Під час проведення перевірок автомобільного генератора в електровідділенні використовуються моторний або безмоторний осцилоскопчні методи діагностування.

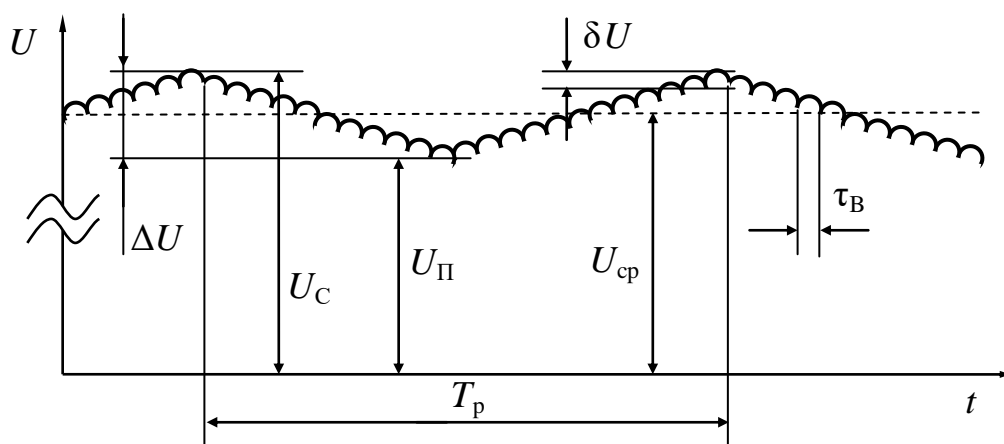


Рис. 2.2.19. Осцилограма напруги бортової мережі

Моторний метод безрозбірної діагностики передбачає обертання ротора генератора стороннім приводом (імітатором ДВЗ) і зняття осцилограм напруги, що виробляється під навантаженням. При цьому з кола виключається регулятор напруги, а живлення кола збудження генератора здійснюється безпосередньо від АКБ. Аналіз зміни форми осцилограми, відносно форми осцилограми справного генератора дозволяє локалізувати несправність в середині пристрою без його розбирання (рис.2.2.20).

При безмоторному методі, генератор досліджується у статичних режимах, як понижуючий трансформатор із змінним (у залежності від кутового положення ротора) коефіцієнтом трансформації. Як первинна обмотка трансформатора розглядається обмотка збудження генератора ОЗ, а в якості вторинних – трифазна якірна обмотка статора – w_A, w_B, w_C . Схема вимірювань вихідної напруги при безмоторному методі показана на рис.2.2.21.

На схемі позначено: Т1 – понижуючий трансформатор, VD1...VD6 – вентиля трифазного випрямляча генератора, R_H – опір зовнішнього навантаження, ЕО – електронний осцилограф.

Форма осцилограми напруги на виході генератора визначається відносним кутовим положенням його ротора і процесом комутації струму через навантаження трифазного випрямляча. Вимірювання можна робити в часовій (внутрішній) чи круговій (зовнішній) розгортці осцилографа. При аналізі осцилограм круговий спосіб розгортання (використання фігур Ліссажу) є більш наочним і ефективним.

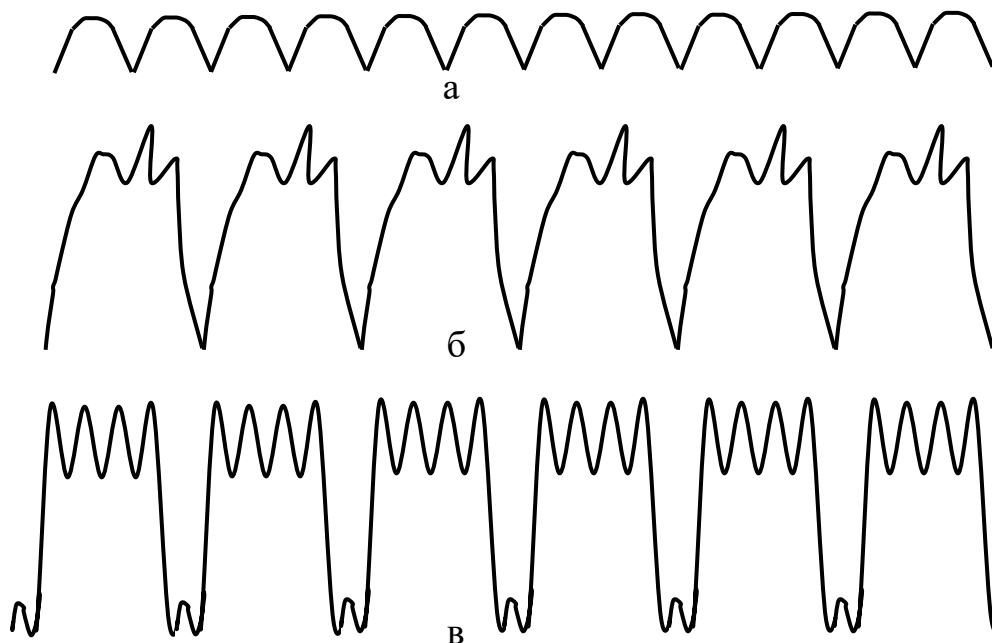


Рис. 2.2.20. Осцилограми напруги генератора: а – справногo; б – з пробитим вентилям; в – з обривом вентиля

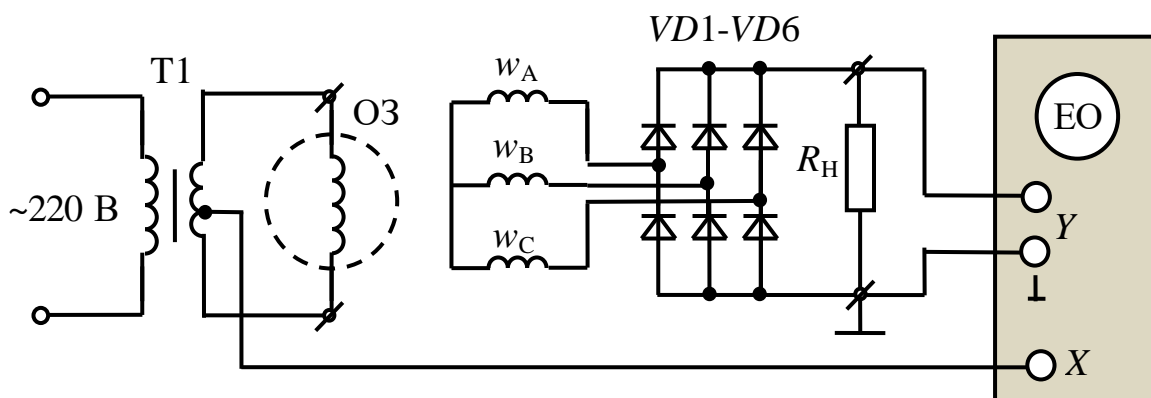
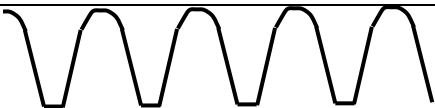
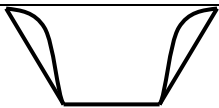

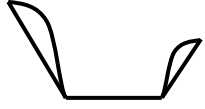
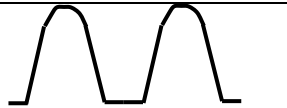
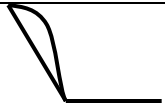










Рис. 2.2.21. Схема вимірювання напруги генератора безмоторним осцилоскопічним способом

Для реалізації зовнішнього розгорнення частотою напруги живлення використовується частина напруги вторинної обмотки трансформатора Т1. У табл. 2.2.1 наведено осцилограми напруги на виході справногo генератора при різних кутових положеннях ротору.

Метод осцилоскопічної безмоторної діагностики генератора полягає в ідентифікації несправності (чи підтвердження справногo стану) за допомогою еталонних осцилограм, отриманих для різних кутових положень ротора.

Осцилограми напруги на виході справного генератора

Кутове положення ротора	Часова розгортка	Кругова розгортка
0°		
7,5°		
15°		
22,5°		
30°		
37,5°		
45°		

Такий метод діагностування дозволяє локалізувати практично всі статичні несправності генератора за винятком короткозамкнених витків якірних обмоток. В табл. 2.2.2 наведені приклади кругових осцилограм при різних кутових положеннях ротора, для несправних станів генератора. Наведена в таблиці інформація розглядається як карта несправностей генератора. Використання такої діагностичної документації доречно в умовах авторемонтного заводу під час розбраківки генераторів перед їх відновленням.

Слід зауважити, що деякі пошкодження генератора можна виявити тільки при моторних (динамічних) методах безрозбірної перевірки або при розбиранні генератора. До таких пошкоджень належать: динамічний пробій або обрив обмоток, зависання й часткове руйнування щіток, зношення контактних кілець.

Кругові осцилограми напруг на виході несправного генератора

Вид несправності	Кутові положення ротора			
	0°	15°	30°	45°
Обрив діода анодної групи				
Обрив діода катодної групи				
Пробій діода анодної групи				
Пробій діода катодної групи				
Замикання статорної обмотки на корпус				
Обрив статорної обмотки				

2.2.4. Вимірювання опорів і перевірка напівпровідникових приладів

Перевірка електричних пристроїв і систем у виключеному стані («холодна» перевірка) проводиться шляхом вимірювання опору їх електричних кіл. В такому разі, як діагностичний параметр розглядається опір постійному струму.

Електричний опір вимірюється за допомогою універсальних вимірювальних приладів різних типів (вимірювального моста, омметра, мегомметра). Кожний з перелічених приладів характеризується діапазоном вимірювань та точністю показань.

Вимірювання опору R_x мостовим способом (використання мостів Вінстона) полягає у врівноважуванні потенціалів вимірювальної діагоналі (метод биттів) каліброваним резистором (рис.2.2.22, а).

Змінний резистор врівноваження $R1$ постачений вимірювальним лімбом з градуванням опору.

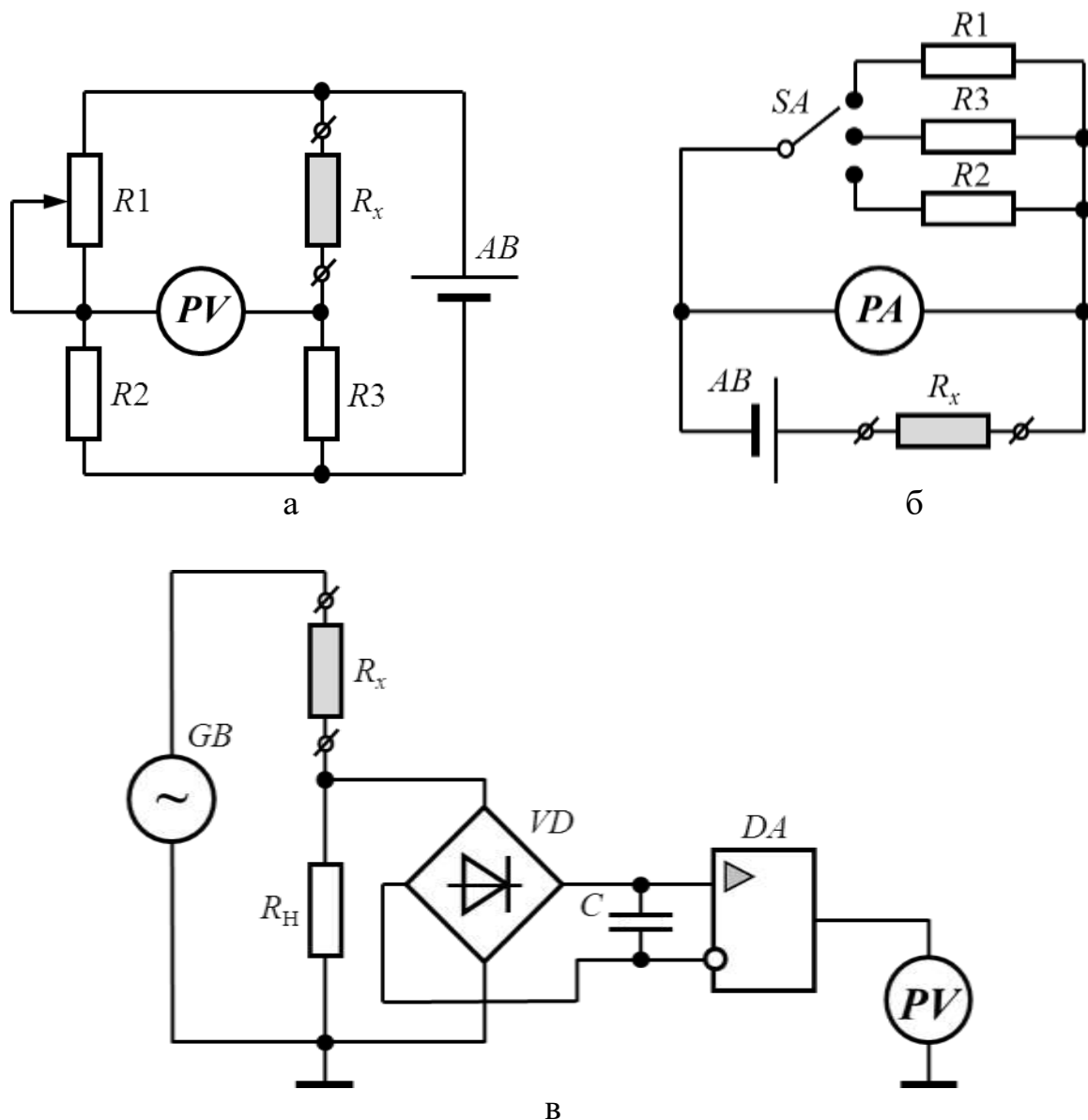


Рис.2.2.22. **Вимірювачі опору:** а - вимірювальний міст; б - омметр; в - мегомметр

Якщо міст врівноважено (напруга вольтметра дорівнює нулю) виконується умова $R_x = R_1$ (показання лімба відповідають значенню опору R_x). Точність і діапазон вимірювань моста визначається класом точності вольтметра (або амперметра) та співвідношенням значень вимірюваного опору R_x до опору плечей моста і вимірювальної голівки PV .

В омметрах (рис.2.2.22, б) використовується метод амперметра-вольтметра. Клас точності таких приладів визначається точністю показань вимірювальної голівки PA , а діапазон вимірюваних опорів

і точність багатограничних приладів – складом шунтуючих резисторів $R1 - R3$ та їх класом точності.

Для вимірювання значних опорів у мегомметрах передбачено джерело імпульсної високої напруги GB ($U_{GB} = 500 \dots 1000$ В), щоб одержати струми витоку у високоомних і діелектричних елементах (рис.2.2.22, в). Падіння напруги на вимірювальному резисторі R_H , спричинене струмом витоку, випрямляється і підсилюється диференційним підсилювачем DA , а потім вимірюється за допомогою вольтметра постійного струму PV . Клас точності мегомметра визначається характеристиками його основних елементів, а діапазон вимірювань – рівнем напруги джерела.

Пристрої електрообладнання автомобіля можна згрупувати за рівнем вимірюваного опору їх кіл. При цьому задовільну точність вимірювань будуть забезпечувати цілком визначені типи вимірювачів опору (табл. 2.3).

Перевірку справності напівпровідникових приладів можна виконувати методом вимірювання опорів їх $p-n$ переходів в прямому та зворотному напрямках. Вимірювання проводять за допомогою омметрів з внутрішнім джерелом напруги не більш за $U_{AB} \leq 1,5$ В. Такі обмеження дозволяють запобігти теплового пробою приладу під час його іспиту. Опір між колектором та емітером транзистора в прямому і зворотному напрямках має складати не менше ніж $R_{KE} > 10$ кОм для справного транзистора. У деяких типах транзисторів спостерігається невелика різниця: $R_{KE} \leq R_{EK}$ для транзисторів $n-p-n$ типу, $R_{KE} \geq R_{EK}$ для транзисторів $p-n-p$ типу.

Опір між базою та емітером, а також між базою та колектором у прямому напрямку має дорівнювати $R_{пр} = 50 \dots 100$ Ом для транзисторів малої потужності та $R_{пр} = 10 \dots 50$ Ом для транзисторів середньої та великої потужності. У зворотному напрямку відповідно $R_{зв} = 10 \dots 100$ кОм та $R_{зв} = 1 \dots 10$ кОм.

Якщо опір, що вимірюється, значно перевищує $R_{пр}$, то має місце обрив електродів, а якщо значно менший за $R_{зв}$ – пробій $n-p$ переходу в транзисторі. Якщо при вимірюванні опору колектор-база переходу у зворотному напрямку його опір зменшується за часом, то такі транзистори теж пошкоджені.

Прилади вимірювання опорів електрообладнання автомобіля

Діапазон опорів	Вимірювальний прилад	Об'єкт вимірювань
0,01...0,1Ом	Вимірювальний міст	Стартерні мережі, контактні опори
0,1...1,0Ом	Вимірювальний міст	Генераторні мережі, додаткові опори
1,0...10Ом	Вимірювальний міст, Омметр	Обмотки реле, генераторів, виконавчих двигунів, первинні обмотки котушок запалювання
10...1000Ом	Омметр, Комбінований прилад	Обмотки форсунок, індукційних датчиків, крокових двигунів, потенціометричних датчиків, напівпровідникових приладів електронних пристроїв
10...100кОм	Комбінований прилад	Датчики температури, детонації, демпферувальні резистори, високовольтні проводи, вторинні обмотки котушок запалювання
0,1...10мОм	Комбінований прилад Мегомметр	Резистори електронних блоків, вимірювальні кола
10...500мОм	Мегомметр	Опір ізоляції високовольтних і низьковольтних кіл і апаратів (котушки запалювання, свічі запалювання, високовольтні проводи, розподільники)

Тиристри перевіряють на відсутність пробоя або обривів від випалення *p-n* переходів. У справного тиристора опір між анодом і катодом в прямому та зворотному напрямках має складати не менше 5 МОм. Опір між керуючим електродом та катодом (анодом) в обох напрямках має становити 50...100 Ом. Якщо опір у прямому напрямку перевищує 500 Ом, тиристор пошкоджений.

2.2.5. Електричні вимірювання неелектричних величин

Електричні системи автомобіля виконують певну функцію перетворення електричної енергії в інші види енергії. Щоб перевірити такі системи за вихідними характеристиками, треба використовувати або вимірювальні засоби безпосередньої оцінки (динамометр, манометр, тахометр, термометр) або засоби електричних вимірювань неелектричних величин з застосуванням первинних перетворювачів (датчиків).

В системі освітлення, як вихідні діагностичні параметри, розглядаються сила світла та напрямок світлових пучків фар головного освітлення. Для вимірювання цих параметрів застосовуються активні (фотоелементи, фототранзистори) та пасивні (фоторезистори, фотодіоди) фотоелектричні перетворювачі. Вимірювальні схеми фотоелектричних пристроїв показані на рис. 2.2.23.

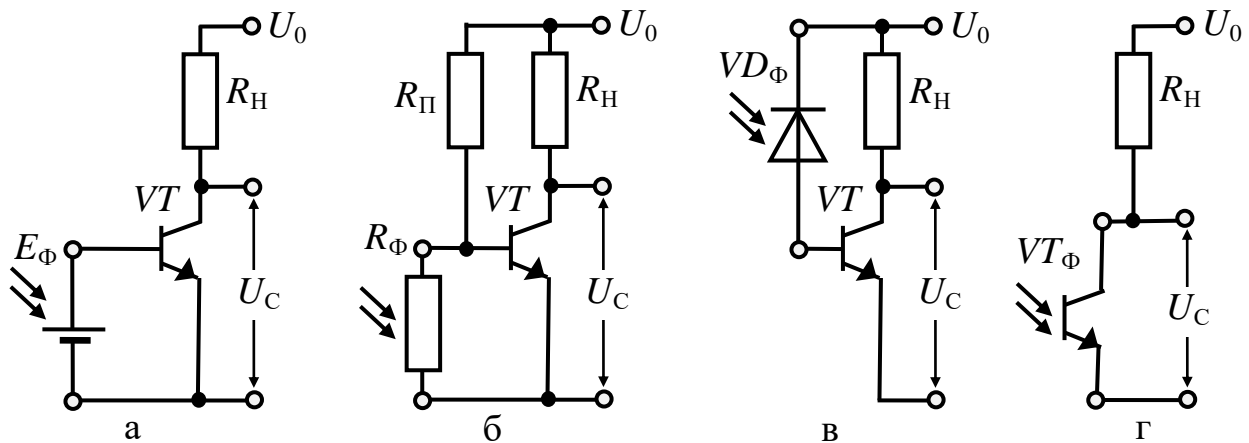


Рис. 2.2.23. Схеми підключення фотоелектричних перетворювачів у вимірювальне коло: а – фотоелемента; б – фоторезистора; в – фотодіода; г – фототранзистора

Прилад для вимірювання фотоелектричних параметрів освітлювача 1 включає оптичну камеру з лінзою, що фокусує 2, і вимірювальним екраном 3 та електронний пристрій (підсилювач) 4 з фотоелементом 5 та приладом реєстрації *PV* (рис. 2.2.24). Світловий пучок, сфокусований лінзою 2, впливає на фотоелемент 5, сигнал з якого, пропорційний силі світла опромінювання, підсилюється та реєструється.

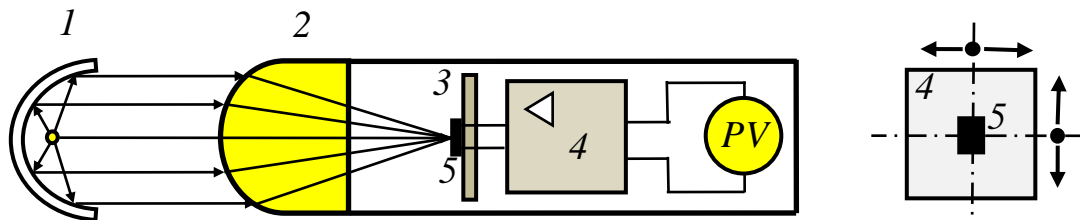


Рис. 2.2.24. Улаштування оптико-механічного приладу для вимірювання сили світла та напрямку світлового пучка

Вразі орієнтованого освітлення оптичної системи, чутливий елемент опиняється у світловому фокусі і його сигнал має максимальні значення. Відхилення світлового фокусу від центральної осі, в наслідок зміни напрямку освітлення, викликає послаблення сигналу фотодатчика. Положення екрану з чутливим елементом в площині, регулюється відносно геометричного центру (осі) оптичної системи механічними регуляторами з вимірювальними лімбами. Отже, вимірювання напрямку світлового пучка полягає в настроюванні положення екрану при якому спостерігається максимальний сигнал фотоеlementу. Кут відхилення пучка при цьому визначається за показаннями вимірювальних лімбів.

На базі фото-вимірювачів (див. рис. 2.2.24) також будуються енкриментні датчики (дискретної дії) частоти обертання та цифрові датчики кутового положення (енкодери) з вимірювальними дисками, які переривають світловий потік від випромінювача світла.

Електромеханічні перетворювачі електричних систем (електродвигуни, тягові реле, електромагнітні приводи різного призначення) перевіряються за вихідними параметрами та механічними характеристиками (робочий хід, тягова сила, частота обертання, крутний момент).

В системі електростартерного пуску електрична енергія АКБ перетворюється в механічну енергію обертання стартера. Як вихідні діагностичні параметри стартера розглядаються крутний момент та частота обертання його валу. Керування пневматичними та гідравлічними системами, в багатьох випадках, здійснюється за допомогою електроклапанів. Вихідними параметрами таких систем є тиск у магістралі та сила дії робочого органу. При стендових випробуваннях автомобіля також виникає необхідність реєструвати механічну потужність на колесах, яка залежить від багатьох факторів,

пов'язаних з потужністю ДВЗ, однією з систем якого є електрична система запалювання. Таким чином, вихідні силові параметри систем та агрегатів до складу яких входять електричні пристрої, непрямо характеризують технічний стан останніх.

Для вимірювання силових параметрів електричним способом, зазвичай, використовуються методи тензометрії. Вимірювальна система (датчик сили), в такому разі, являє пружний елемент з закріпленими на ньому тензорезисторами (рис. 2.2.25).

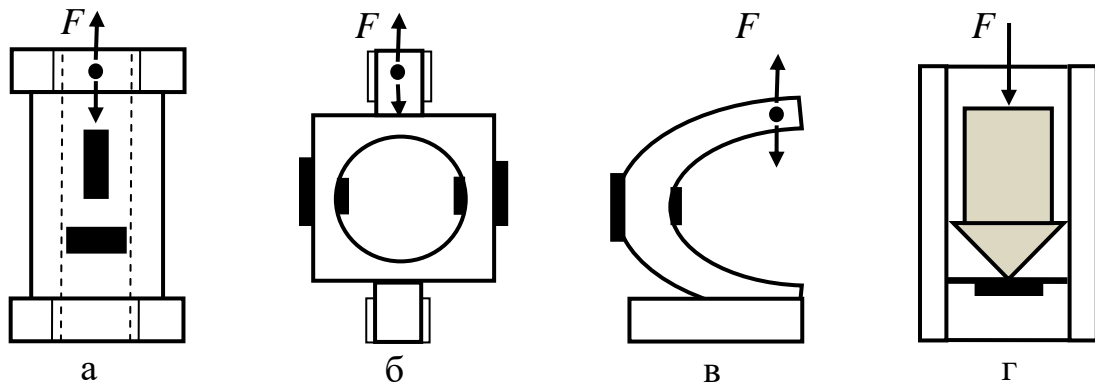


Рис. 2.2.25. Конструкції датчиків сили: а – циліндричний; б – кільцевий; в – консольний; г – мембранний

Тензорезистори (пасивні чутливі елементи) реєструють деформацію робочої зони поверхні пружного елемента, яка утворюється під дією прикладеної сили F . У якості пружного елемента в технічній системі можуть розглядатися окремі її конструктивні елементи (робочі органи), які перебувають під силовим навантаженням, яке підлягає вимірюванню. Кількість тензорезисторів та їх розташування на пружному елементі визначається вимогами до чутливості вимірювальної схеми, напрямом та характером дії сили. Підключення тензорезисторів, зазвичай, виконують за схемою вимірювального моста (рис. 2.2.26).

На схемах (рис. 2.2.26) позначено: R_1, R_4 – тензорезистори, які зменшують довжину (зменшують опір); R_2, R_3 – тензорезистори, які зменшують ширину (підвищують опір); R_{K1}, R_{K2} – компенсаційні резистори, що балансують схему моста (постійний опір).

Під час деформації пружного елемента відбувається розбалансування моста та у його вимірювальній діагоналі виникає різниця потенціалів U_C пропорційна прикладеній силі.

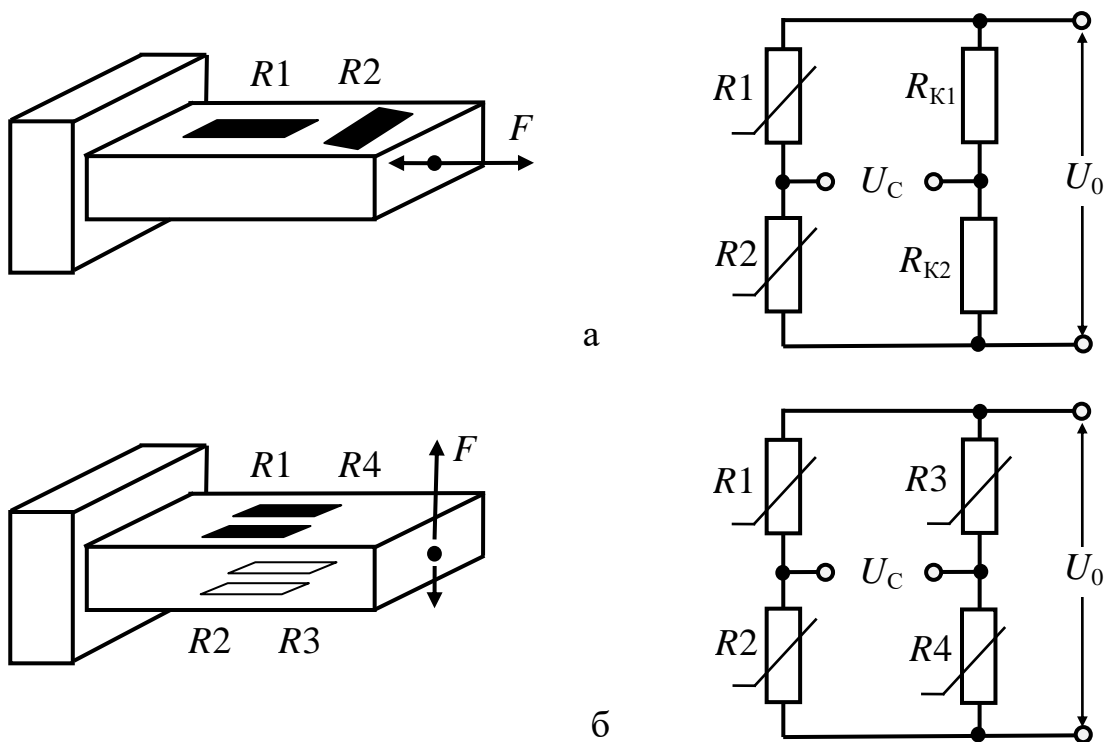


Рис. 2.2.26. Вимірювання сили тензометричним способом:
 а – за рахунок деформації стискування та розтягіння;
 б – за рахунок утворення моменту, що вигинає

Тензометричні датчики тиску газів та рідин мають однакову конструкцію в якій порожнина датчика відокремлена від атмосферного тиску пружним елементом – мембраною на якій встановлюються чутливі елементи (тензорезистори). Поряд з тензорезистивними в датчиках тиску використовуються п'єзорезистивні та п'єзоелектричні чутливі елементи.

В датчиках крутного моменту на вимірювальний вал встановлюють чотири тензорезистора орієнтовані певним чином та підключають в схему моста. Напруги живлення та сигналу розбалансу підводять (знімають) або через контактні кільця КК, або безконтактним способом (рис. 2.2.27).

В другому випадку (рис. 2.2.27, б) змінна напруга живлення U трансформується з стаціонарної обмотки w_1 через магнітну систему з робочим зазором в обмотку розташовану на валу w_2 . Далі після випрямлення та стабілізації (перетворювач I) напруга постійного струму U_0 живить тензометричний міст R_1 - R_4 .

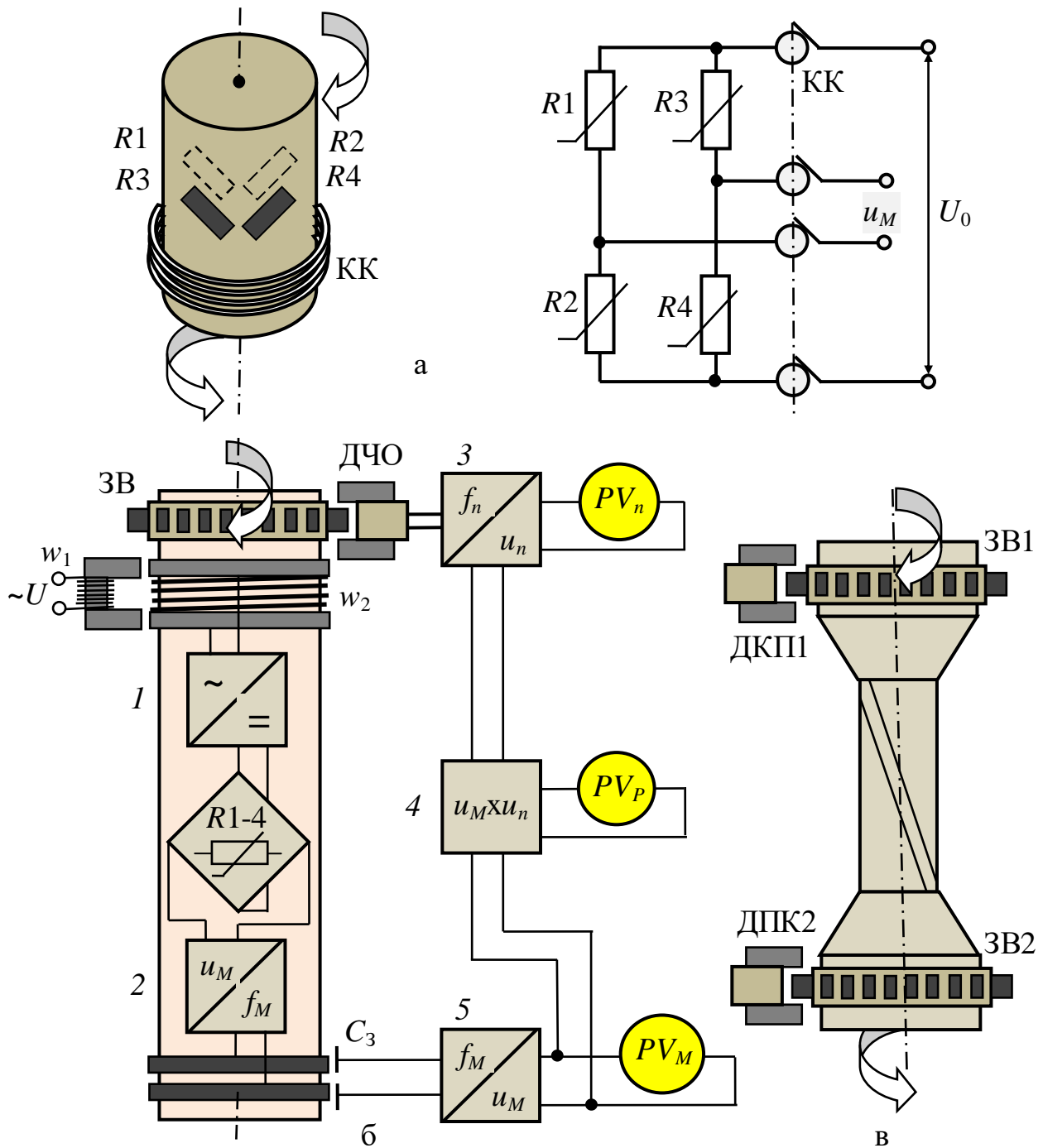


Рис. 2.2.27. Способи вимірювання крутного моменту:

а – датчиком з контактними кільцями; б – безконтактним датчиком з частотною модуляцією сигналу; в – за допомогою торсіїону

Постійна напруга розбалансу u_M з вимірювальної діагоналі моста перетворюється до змінної напруги відповідної частоти f_M (перетворювач 2) і надходить на кільцеві обкладки, які разом з стаціонарними обкладками забезпечують ємнісний зв'язок C_3 з стаціонар-

ною частиною системи. На вимірювальному валу також встановлюється зубчастий венець ЗВ, який активізує інкриментний (імпульсний) датчик частоти обертання ДЧО (індукційний, фотоелектричний або магнітоелектричний). Таким чином, з обертової частини вимірювальної системи, безконтактним способом знімаються два інформаційних сигнали, частоти яких пропорційні частоті обертання та крутному моменту. В стаціонарній частині системи ці сигнали нормалізуються та перетворюються до відповідних рівнів напруг u_n , u_M (перетворювачі 3, 5), які реєструються вольтметрами PV_n , PV_M . Якщо отримані сигнали перемножити у спільному форматі, то на виході схеми перемноження 4 отримаємо рівень напруги u_P пропорційний механічній потужності, яка передається через вал.

Систему вимірювання моменту також можна реалізувати на базі вимірювального торсіону, який встановлюється в кінематичний розрив між робочими валами через які передається момент (рис. 2.2.27, в). В такій системі використовуються два інкриментних датчика кутового положення хвостовиків торсіону ДКП, які активізуються зубцями відповідних вимірювальних дисків ЗВ. Отримані в такому разі імпульсні сигнали датчиків будуть мати однакову частоту та співпадати по фазі, вразі відсутності навантаження на валу. Зростання механічного навантаження торсіону викликає зсув фази між сигналами датчиків, пропорційний крутному моменту, що передається. Реєстрація фазового зсуву проводиться осцилоскопічним способом. Вибір типу системи вимірювання крутного моменту визначається умовами проведення вимірювань, максимальними значеннями крутного моменту, що передається, та частоти обертання.

Контроль стану обмоток електромагнітних пристроїв автомобіля (стартера, генератора, реле) полягає у перевірці відсутності їх обриву, замикання на корпус, замикання між обмотками та окремими витками обмотки. Для проведення останньої перевірки використовуються діагностичні прилади індукційного принципу дії. Вимірювальна система такого приладу складається з магнітної системи 1, збуджуючої котушки w_1 , вимірювальної котушки w_2 , випрямляча 4, вимірювального приладу PV (рис. 2.2.28).

Перед проведенням перевірки, магнітна система приладу доповнюється додатковим магнітопроводом 2 на якому встановлена котушка, яка перевіряється 3.

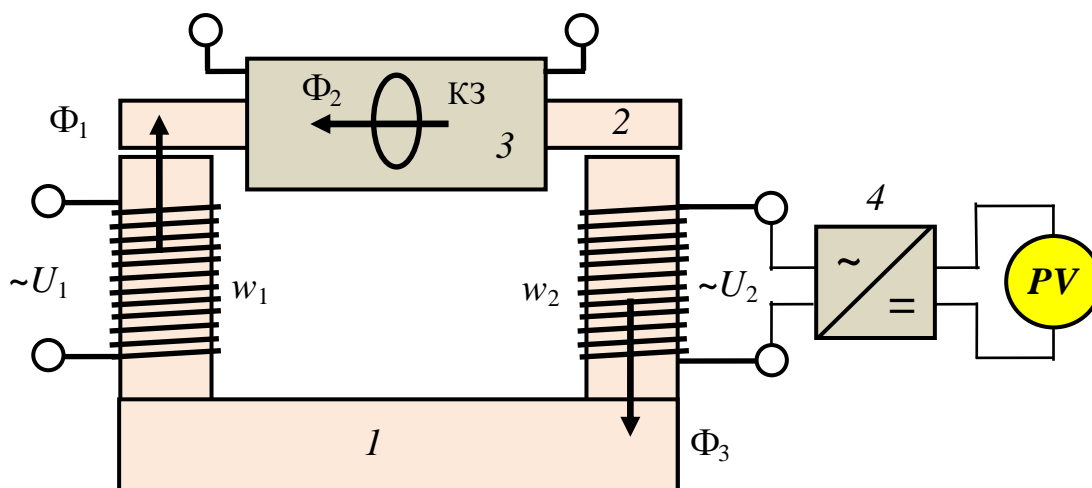


Рис. 2.2.28. Улаштування індукційного приладу для реєстрації замкнутих витків котушок

Синтезована електромагнітна система функціонує наступним чином. Вразі відсутності замкнутих витків в котушці 3, прилад перетворює напругу, як звичайний трансформатор. При цьому, потік Φ_1 дорівнює потоку Φ_3 , а діюче значення вихідної напруги визначається співвідношенням витків (коефіцієнтом трансформації) $U_2 = U_1 w_2 / w_1$.

Якщо в котушці 3, яка перевіряється, є замкнутий виток КЗ (або секція), в ньому під дією Φ_1 індукуються струм, який у свою чергу утворює магнітний потік Φ_2 . Поперечна складова цього потоку послабляє результуючий потік в магнітній системі $\Phi_3 = \Phi_1 - \Phi_2$ і напруга U_2 зменшується. Послаблююча дія потоку Φ_2 , аналогічна реакції якоря синхронного генератора. Таким чином, зміна напруги U_2 , яка реєструється вимірювальним приладом PV, свідчить про наявність замкнутих витків, а різниця показань приладу залежить від кількості витків (електричного опору струму КЗ), які утворюють потік Φ_2 .

Комплексна оцінка технічного стану основних систем ДВЗ (запалювання, подачі палива, газорозподільного механізму) проводиться на підставі аналізу хімічного складу відпрацьованих газів. Для вимірювання концентрацій газових домішок у повітрі використовуються декілька методів аналізу: фотометрія та спектрометрія; кондуктометрія; гальванометрія; масовий аналіз; вимірювання струму іонізації, теплопровідності, температури каталітичного спа-

лювання, інтенсивності світлових явищ, розсіювання світла в лазерному промені. Переважними з позицій мобільності засобів та оперативності проведення аналізу є методи фотометрії та каталітичного спалювання.

Каталітичний метод полягає у реєстрації підвищення температури (теплового ефекту) під час спалювання горючого компоненту. Цей метод реалізується термоелектричним способом. У якості чутливого елемента, при цьому, використовується спіраль підпалювання, матеріал якої має високий коефіцієнт температурного опору. Під час спалювання домішок газу спіраль змінює свою температуру, а отже й електричний опір. Якщо, спіраль включити до схеми вимірювального моста, то ступінь його розбалансу (напруга у вимірювальній діагоналі) буде визначатися теплотворністю відповідних компонентів газу.

Фотометричні та спектрометричні вимірювання полягають у реєстрації електричних сигналів (від фотоелектричних перетворювачів) пропорційних різниці інтенсивності світла, що виникає внаслідок поглинання випромінювання шкідливою та еталонною речовиною.

Селективне вимірювання окремих компонентів газу можливо, якщо вдається відокремити складову випромінювання в області спектру поглинання компоненту, який вимірюється, за допомогою оптичного фільтру. В інфрачервоному і ультрачервоному діапазонах газу з молекул різного роду (CO , CO_2 , CH) мають характерні полоси поглинання. На відміну, в молекулах з однаковими атомами (H_2 , N_2 , O_2) не поглинають випромінювання.

У двохпроменевих фотометрах з пульсуючим освітленням порівнюються інтенсивності світла, послабленого поглинанням речовини (домішку газу) та світла через непоглинаючий газ. При цьому використовується або селективний випромінювач (рис. 2.2.29, а), або селективний приймач (рис. 2.2.29, б).

Для селекції недисперсного світла (виділення необхідної полоси спектру) від випромінювача 1 використовуються оптичні фільтри 2 (рис. 2.2.29, а). Світловий потік обраного (інфрачервоного) діапазону поділяється призмою 3 та обидві лінії світла перериваються модулятором (диск з оптичними отворами 4, який обертається електродвигуном 5).

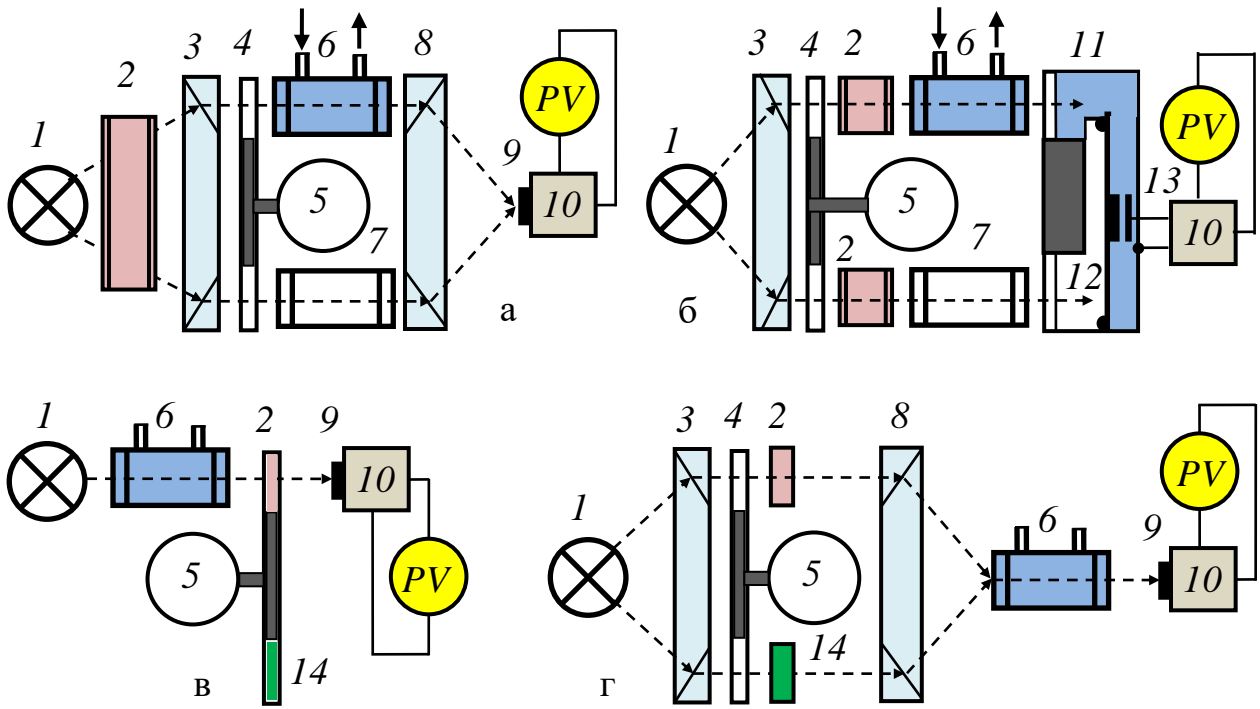


Рис. 2.2.29. Вимірювальні системи фотометрів

Одна лінія світла проходить через кювету з газом, який аналізується *б*, друга – через еталонну кювету *7* з газом, який не поглинає випромінювання (наприклад N_2). Після лінзи *8* поєднаний світловий потік сприймається фотодатчиком *9*, сигнал з якого нормалізується електронним пристроєм *10* та виводиться на прилад реєстрації *PV*.

Селективний приймач *11* являє дві герметичні камери поділені мембраною *12* (рис. 2.2.29, б). В одній камері міститься газ, який аналізується, в другій – газ з еталонним поглиначем (наприклад CO в приладах для вимірювання концентрації CO). Внаслідок поглинання випромінювання означеними газами, підвищується їх температура, що викликає перепад тиску в камерах приймача та відповідну деформацію (прогинання) вимірювальної мембрани. Прогин мембрани, пропорційний перепаду тиску вимірюється датчиками малих переміщень *13*, а деформація тензометричними або п'єзореzystивними чутливими елементами. Вразі застосування методу абсорбції світла в дох різних діапазонах випромінювання використовують два фільтри, які встановлюються на диск модулятора (рис. 2.2.29, в). або стаціонарно (рис. 2.2.29, г). Вимірювальний фільтр *2* прозорий в діапазоні полос поглинання газу, який аналізується, фільтр порівняння *14* навпаки не прозорий в цих діапазонах.

2.3. Характеристика засобів діагностики електрообладнання АТЗ

2.3.1. Засоби бортової діагностики

За ознакою функціонального наповнення (див. рис. 2.1.6), засоби діагностування традиційного електрообладнання автомобілів можна поділити на окремі групи (рис. 2.3.1).



Рис. 2.3.1. Класифікація засобів діагностики електрообладнання АТЗ

В межах даної теми дамо стислу характеристику діагностичних приладів різного призначення та функціонального наповнення, які цілеспрямовано використовуються під час діагностування електрообладнання на борту автомобіля (бортова діагностика), в умовах діагностичного поста (комплексна діагностика) та електровідділення (агрегатна діагностика). Окрему увагу приділимо вмонтованим засобам діагностики, які можна розглядати як штатне обладнання автомобіля.

До засобів бортової діагностики відносяться діагностичні прилади різного призначення, що використовуються безпосередньо на борту автомобіля. Основна група приладів цього класу передбачає вимірювання діагностичних параметрів у стаціонарних умовах без

демонтажу елементів електрообладнання і електричного відключення від бортової електромережі. Підключення вимірювальних каналів приладів здійснюється гальванічним способом або за допомогою накладних (безконтактних) датчиків. Це дозволяє вимірювати значення діагностичних параметрів у робочому стані системи (пристрою) і при працюючому ДВЗ.

Як найпростіші прилади бортової діагностики використовуються вольтметри безпосередньої оцінки й індикатори напруги (логічні пробники). Для локалізації пошкоджень електричних кіл бортових мереж живлення, використовуються гальванічні перемички.

Індикатори напруги є найбільш універсальними і доступними приладами при діагностуванні електрообладнання автомобіля у дорожніх умовах. Як індикатор може використовуватися лампа накаливання потужністю до 3 Вт. Для діагностування електронних систем застосовують індикатори на світло-діодах, які мають високий вхідний опір (струм споживання 5...15 мА). Це дозволяє виключити перевантаження напівпровідникових приладів електронних пристроїв при діагностичних операціях.

Логічні пробники (рис. 2.3.2, а) можуть мати три індикатора (світлодіода) різного кольору (червоний, зелений, жовтий) або звуковий сигналізатор (зумер).



Рис. 2.3.2. Зовнішній вигляд переносних діагностичних приладів:
а – логічний пробник (індикатор); б – стробоскоп;
в – навантажувальна вилка

Крім того в таких пробниках передбачається перемикач діапазонів робочої напруги. Електронна схема пробника поділяє подану напругу на три зони: низька, середня й висока, що дозволяє ідентифікувати рівень напруги живлення.

Для підтвердження діагнозу в ряді випадків необхідно робити частковий демонтаж електричних кіл. Тоді склад найпростіших приладів може бути доповнений простим амперметром і омметром безпосередньої оцінки, які підключаються в розрив кола. Вимірювання неелектричних структурних параметрів, що характеризують технічний стан електромеханічних пристроїв автомобіля здійснюється за допомогою каліброваних щупів, динамометрів, вимірювального інструмента. Щільність електроліту в банках АКБ оцінюється за допомогою найпростіших приладів-денсиметрів (ареометрів). Вимірювання структурних діагностичних параметрів передбачає монтажні операції (зняття кришки розподільника, викручування свічок запалювання і пробок АКБ, зняття захисних кожухів) і додаткові витрати на їх проведення.

Перелічимо спеціалізовані прилади, що застосовуються при бортовому діагностуванні, й дамо їх характеристику.

Стробоскоп (рис.2.3.2, б) – прилад, призначений для перевірки функціонування відцентрового і вакуумного автоматів випередження запалювання на працюючому ДВЗ, вимірювання й установки початкового кута запалювання і вимірювання частоти обертання колінчатого валу. Вимірювання робиться візуально за положенням контрольних рисок на рухомій (маховик) і нерухомій (картер) частинах ДВЗ при їх імпульсному підсвічуванні. Імпульси підсвічування формуються від сигналу запалювання опорного циліндра. Підключення стробоскопа до високовольтного проводу здійснюється або гальванічним способом (у розрив кола), або безконтактним (через накладний датчик). Розрізняють стробоскопи безпосередньої оцінки і стробоскопи з лінією затримки. В останніх, вимірювання кута випередження запалювання робиться за положенням лімбу затримки, який розташований на стробоскопі. Конструкція – портативна, живлення від автономної батареї або АКБ автомобіля.

Навантажувальна вилка (рис.2.3.2, в) призначена для перевірки справності і ступеня зарядженості стартерних АКБ ємністю 40...135 А*год. на підставі результатів вимірювання напруги на окремих банках АКБ під навантаженням. Деякі моделі навантажувальних вилок (Е-107, Е-108) дозволяють перевіряти АКБ ємністю до 190 А*год. і робити тест-аналіз автомобільних генераторів. Прилад портативний, без живлення.

Мигметр – прилад, призначений для визначення інтервалів часу між спалахами покажчика повороту і часу від моменту включення повороту до першого спалаху покажчика. Складається з фотоелектричного вимірювача частоти проблесків, таймера та пристрою індикації, підключається до сигнального кола реле покажчиків повороту. Переносний, живлення від автономної батарейки або АКБ автомобіля.

Під час проведення регламентних операцій ТО на борту автомобіля використовуються спеціалізовані переносні прилади контролю вихідних параметрів електронних систем і блоків керування (живлення від АКБ автомобіля), побудовані на базі електронних пристроїв (рис. 2.3.3).

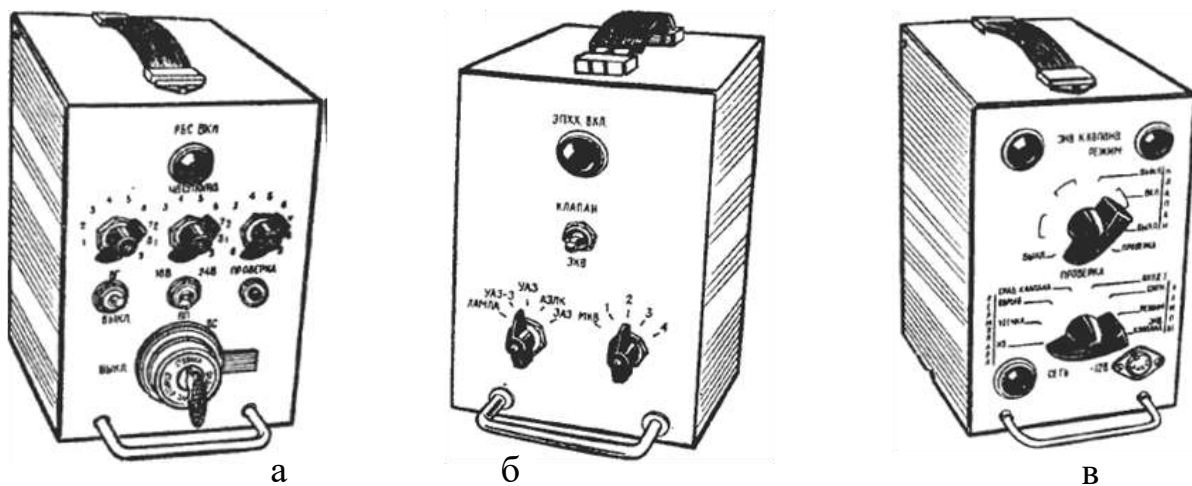


Рис. 2.3.3. Зовнішній вигляд спеціалізованих тестерів:

- а – реле блокування стартера;
- б – системи керування економайзером примусового холодного ходу;
- в – системи нейтралізації відпрацьованих газів

Під час перевірки означених параметрів, такі прилади підключаються до рознімання відповідного блоку керування, яке перевіряється та до кола бортової мережі електроживлення. При цьому, забезпечується режим, коли живлення «запалювання» увімкнено, ДВЗ не працює (не стартує).

Прилад контролю реле блокування стартера (рис. 2.3.3, а) містить вбудований релаксатор (генератор) з каліброваними частотами (імітатор датчика частоти обертання ДВЗ), резистивний еквіва-

лент навантаження (імітатор обмотки додаткового реле стартера) та схему сигналізації спрацьовування реле.

Прилад дозволяє визначати частоту сигналу відключення реле стартера, припустиме падіння напруги на виконавчому (вихідному) транзисторі електронного реле, перевіряти блокування спрацьовування реле (тригерну схему) при повторному включенні стартера, вразі наявності сигналу про обертання ДВЗ.

Прилад контролю системи керування економайзером примусового холостого ходу (рис. 2.3.3, б) має аналогічну будову та дозволяє визначати частоти вмикання і вимикання електромагнітного клапана, падіння напруги на виконавчому транзисторі блоку керування; перевіряти кола живлення обмотки клапана на обрив.

Прилад контролю системи нейтралізації відпрацьованих газів (рис. 2.3.3, в) дозволяє контролювати границі зон напруги термопари, що відповідають включенню і миготінню сигнальної лампи; перевіряти працездатність електромагнітного клапана, сигнальної лампи, датчика розрядження; виявляти короткі замикання і замикання на корпус термопари, порушення ізоляції.

До спеціалізованих приладів (пристроїв) також можна віднести тестери: λ -характеристик, запалювання, форсунок, пневмотестери та тестери для перевірки виконавчих пристроїв іншого призначення.

З групи спеціальних приладів, які можуть застосовуватися на борту автомобіля при демонтажу електричних кіл, можна виділити переносні *прилади для перевірки контрольних-вимірювальних приладів* (рис. 2.3.4). Прилади містять комбінований вимірювач електричних величин (напруги, струму, опору) з аналоговим індикатором (мікроамперметром); вимірювачі безпосередньої оцінки неелектричних величин (термометр, манометр, транспортир); еталонні та змінні резистори для імітації датчиків; пристрої, що активізують датчики неелектричних величин (електричний нагрівач, статичний насос). Прилади дозволяють перевіряти показники та калібрувати датчики неелектричних величин:

- термоелектричних імпульсних манометрів і термометрів;
- електромагнітних вимірювачів рівня палива;
- логометричних термометрів з терморезистором;
- сигналізаторів аварійного тиску.

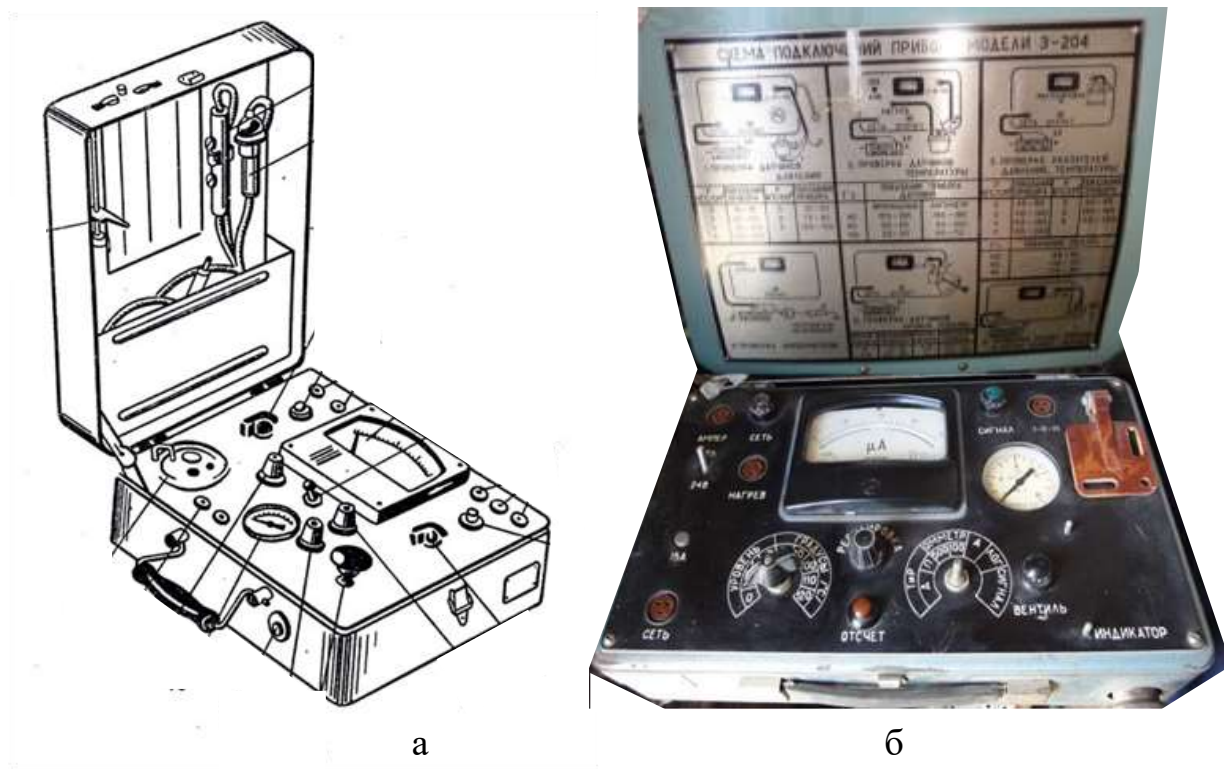


Рис. 2.3.4. Прилади для перевірки елементів систем контролю-вимірювальних приладів: а – моделі 531; б – типу Е-204

Наявність вимірювальних приладів безпосередньої оцінки забезпечує контроль стану автомобільних амперметрів та показчиків тиску.

Перевірки елементів системи контролю-вимірювальних приладів проводяться методом заміщення або дублювання несправного елемента та полягають у порівнянні показань контрольованого і еталонного показчиків (реакції контрольованого і еталонного датчика). Живлення приладів здійснюється від АКБ автомобіля.

Авто-тестери (рис. 2.3.5) – універсальні прилади для вимірювання комплексу параметрів електричних сигналів та кіл, що характеризують роботу систем електрообладнання.

Портативні авто-тестери аналогового типу (рис. 2.3.5, а) дозволяють вимірювати:

- напругу постійного струму до 40 В;
- опір постійному струму до 100 кОм;
- частоту обертання до 6000 хв⁻¹;
- кут замкненого стану контактів переривника до 90°.



а



б



в

Рис. 2.3.5. Зовнішній вигляд автомобільних тестерів:
а – портативний аналоговий (43102); б – портативний цифровий (мультиметр); в – типу «діагностична валіза» (Elkon S-220)

Прилади даного класу мають обмежений діапазон вимірювання параметрів, стрілочну індикацію, живляться від автономної батареї і від АКБ автомобіля, переносні в портативному виконанні.

Останнім часом розроблені авто-тестери цифрового типу (мультиметри) з рідино-кристалевим дисплеєм, побудовані на базі АЦП (рис. 2.3.5, б). Наявність бази часу в таких приладах дозволяє вимірювати частоту електричних імпульсів до 200 кГц та ємність конденсаторів до 10 мкФ. Автомобільні мультиметри мають розширені функції та діапазони вимірюваних параметрів. Такі тестери постачаються вимірювальними датчиками, завдяки чому додатково дозволяють вимірювати:

- постійний струм до 1000 А безконтактним способом;
- вторинну напругу до 40 кВ;
- електричний опір – 0,01 Ом...40 МОм;
- напругу змінного та постійного струму – 0,1 мВ...1000 В;
- постійний струм – 0,01 мА...2000 А;
- розрядження та тиск газів і рідини;
- температуру газів, рідин та твердих поверхонь до 1000°С.

Для живлення автомобільних мультиметрів зазвичай використовуються автономні джерела напруги.

Авто-тестери типу «діагностична валіза» (рис. 2.3.5, в) живляться від АКБ автомобіля, мають у складі навантажувальні реоста-

ти, високовольтні розрядники й укомплектовані засобами підключення до силових кіл електрообладнання автомобіля. Тестери мають розширені діапазони параметрів, що вимірюються, і дозволяють перевіряти технічний стан:

- генераторів потужністю до 350 Вт;
- регуляторів напруги;
- стартерів малої потужності;
- переривників-розподільників;
- катушок запалювання;
- АКБ і кіл низької напруги;
- ізоляції проводів високої напруги.

Під час екстреної діагностики автомобіля водієм у дорожніх умовах, найбільш переважним є використання портативного автотестера, адаптованого до борта конкретного автомобіля (класу автомобілів). Такі передумови ведуть до розробки штатних автотестерів, що входять до комплекту запасних частин, інструменту та приладів автомобіля.

2.3.2. Засоби комплексної діагностики

Під час діагностування автомобіля на посту (комплексна діагностика) можуть застосовуватися всі переносні прилади з автономним живленням, розглянуті у попередньому розділі. Особливістю діагностичних приладів та устаткування, які цілеспрямовано використовуються на посту є їх обмежена мобільність і прив'язка до промислової мережі живлення $\sim 220/380$ В.

З метою перевірки тягово-швидкісних характеристик, гальмівних якостей, системи керма, стану елементів трансмісії і підвіски автомобіля діагностичні пости і лінії обладнуються стаціонарними (рис. 2.3.6, а) або пересувними (рис. 2.3.6, б) установками (підйомниками, стендами з біговими барабанами, поворотними та віброплатформами), які дозволяють імітувати рух автомобіля в дорожніх умовах.

В АТП з великою кількістю рухомого складу і на діагностичних лініях великої пропускну здатності виправдане застосування автоматизованих і комп'ютеризованих діагностичних станцій (ліній), до складу яких входять перераховані стаціонарні установки,

мотор-тестер, сканер, газоаналізатор та реглоскоп, які поєднані мережею центрального комп'ютера в інформаційно-вимірвальний комплекс (рис. 2.3.6, в, г).



а



б



в



г

Рис. 2.3.6. Діагностичні пости: а – стаціонарний, у приміщенні; б – пересувний, поблизу транспортної магістралі; в, г – на лінії експрес аналізу

Застосування комп'ютерних технологій дозволяє не тільки підвищувати продуктивність і якість діагностування автомобіля, але і систематизувати індивідуальний контроль за технічним станом значного парку рухомого складу.

Електричні системи автомобіля перевіряються на посту за їх вихідними параметрами (значення та якість напруги бортової мережі, параметри іскрового розряду, орієнтація фар головного освітлення) або за комплексними показниками (потужність ДВЗ та склад відпрацьованих газів). Концентрація і склад продуктів згоряння у відпрацьованих газах є вихідними діагностичними параметрами для оцінки технічного стану ДВЗ в цілому і зокрема електричних систем запалювання, подачі та упорскування палива, газорозподілу, рециркуляції відпрацьованих газів, уловлювання випарів бензину.

Дано загальну характеристику приладів, що використовуються переважно в умовах діагностичного поста.

Газоаналізатори (рис. 2.3.7) – прилади для вимірювання концентрації продуктів згоряння у відпрацьованих газах.



Рис. 2.3.7. Зовнішній вигляд сучасних газоаналізаторів промислових зразків: а – «АСКОН-02» б – AUTO 5; в – «ИНФРАКАР»

Розрізняють газоаналізатори принцип дії яких заснований на каталітичному допалюванні продуктів згоряння або на поглинанні недисперсного інфрачервоного випромінювання відпрацьованими газами (див. п.п. 2.2.5). Газоаналізатори мають переносний зонд (датчик) для забору відпрацьованих газів з вихлопної труби та відрізняються за кількістю компонентів, що реєструються (2-х компонентні СН, СО; 3-х компонентні СН, СО, СО₂; 4-х компонентні СН, СО, СО₂, О₂; 5-ти компонентні СН, СО, СО₂, О₂, NO_x). Додатково в структурі приладів передбачають канали вимірювання частоти обертання ДВЗ (тахометри), температури мастила (термометри) та індикацію розрахованого значення λ -параметру (якості паливоповітряної суміші). Інформація про склад відпрацьованих газів виводиться на цифрові індикатори (рис. 2.3.7, а, в) або рідинно-кристалеві дисплеї (рис. 2.3.7, б). Більшість сучасних газоаналізаторів мають виносний (рис. 2.3.7, б) або вбудований (рис. 2.3.7, в) принтер для документації результатів аналізу. Живлення приладів здійснюватися від автономних джерел 6 В, 12 В, або від мережі ~220 В залежності від типу. Слід додати що, газоаналізатори можуть входити до складу мотор-тестерів.

Реглоскопи (рис. 2.3.8) – фотоелектричні прилади (див. п.п. 2.2.5), призначені для перевірки (вимірювання сили світла) і регулювання (установки, орієнтації світлового пучка) автомобільних фар головного освітлювання.



Рис. 2.3.8. Зовнішній вигляд регласкопів промислових зразків:
 а – Maha LITE3; б – Auto-SPIN HBA19D; в – Auto-SPIN HBA9601;
 г - VAST

Регласкопи різних типів відрізняються за: схемою побудови вимірювальної (оптичної) системи; типом системи орієнтації (контактна, оптична з освітлювачем, оптична дзеркальна, система візування); базою орієнтації (вісь симетрії, вісь передніх коліс, вісь задніх коліс). Виконані як пересувні, живлення автономне чи від промислової мережі.

Діагностичні сканери – портативні прилади з живленням від АКБ автомобіля, призначені для діагностування автомобільних мікропроцесорних систем керування з інтегрованими системи діагностики. Підключення сканера до автомобіля здійснюється через діагностичне рознімання системи керування. Сканер забезпечує зчитування та стирання кодів несправностей, які формуються під час транспортного процесу. Додаткові функції сканера полягають в реєстрації даних про режимні параметри електричних кіл системи керування та забезпеченні тестових впливів на об'єкт керування, шляхом формування керуючих сигналів виконавчих пристроїв. Обмін інформацією між сканером і бортовою системою керування (зчитування даних та керуючі команди) відбувається на цифровому рівні у

вигляді модифікованих послідовних кодів, які формуються в середовищі електронного блоку керування. Тому, на відзнаку від мотор-тестера, сканер не дає жодних відомостей про параметри електричних процесів у високовольтній частини системи запалювання та стан механічних вузлів двигуна. Повнота діагностичної інформації, яка одержується за допомогою сканера та універсальність його застосування на автомобілях різних марок, залежить від розробників системи керування і сканера (рис. 2.3.9).



Рис. 2.3.9. Зовнішній вигляд діагностичних сканерів:
а – DST-14; б – CAN OBD II; в – ST-6000

Сумісність діагностичного приладу і системи керування, яка перевіряється, визначається їх програмним забезпеченням (протоколом обміну) та типом (конфігурацією) діагностичного рознімання. З цього приводу розрізняють: сканери обмеженого ряду автомобілів (рис. 2.3.9, а); сканери, пристосовані до переліку функцій (режимів) міжнародних стандартів (рис. 2.3.9, б); універсальні сканери, розраховані на роботу з системами керування різного призначення на автомобілях різних марок (концернів). Програмна універсальність сканерів забезпечується використанням інформаційних картриджів (програмних носіїв), а апаратна – комплектом адаптерів підключення до діагностичних рознімань бортової системи.

Програмні сканери – являють комплект інформаційного диска з програмним забезпеченням, яке встановлюється на персональному комп'ютері та адаптеру підключення до діагностичного рознімання.

Мотор-тестери характеризуються високим функціональним наповненням і за своїми можливостями замінюють цілий ряд спеці-

алізованих і спеціальних приладів. Постачаються вимірювальними адаптерами (безконтактними датчиками струму, напруги, високої напруги, першого циліндра, тиску, температури) та адаптерами підключення (гальванічними конекторами). Реалізують функції авто-тестерів та аналізаторів ДВЗ (автомобільних осцилографів, стробоскопів, тахометрів), дозволяють діагностувати різні системи ДВЗ (електричні та неелектричні) без демонтажу електричних кіл, у робочому стані, на різних режимах. Отже до переліку параметрів, які контролюються за допомогою мотор-тестера базової комплектації слід віднести всі параметри, які перевіряються переліченими діагностичними приладами:

- значення напруги акумулятора;
- силу струму стартера та генератора;
- якість напруги бортової мережі живлення;
- параметри імпульсної напруги по колах системи запалювання;
- значення параметрів імпульсних сигналів датчиків;
- час накопичення енергії й значення струму розриву котушки запалювання;
- ефективну потужність ДВЗ;
- циклову витрату палива;
- тиск в паливній магістралі;
- розрядження у впускному трубопроводі;
- частоту обертання колінчатого валу;
- температуру мастила;
- кути замкнутого стану контактів переривника та випередження запалювання;
- величину розрядження у впускному колекторі.

В більш потужних мотор-тестерах діагностичні дані зчитуються і обробляються мікропроцесором та виводяться на монітор в модифікованому вигляді, зручному для аналізу і постановки діагнозу. Такі мотор-тестери додатково дозволяють реєструвати електричні параметри на цифровому рівні та оцінювати:

- відносну ефективну потужність;
- втрати потужності при несталих режимах;
- баланс циліндрів за відносною компресією;
- нерівномірність частоти обертання двигуна;
- кут випередження початку подачі палива;

- тривалість подачі палива;
- максимальний тиск упорскування палива;
- залишковий тиск у трубопроводі високого тиску.

Мотор-тестери останнього покоління використовуються для діагностування автомобілів з мікропроцесорними системами керування ДВЗ в яких застосовані інтегровані діагностичні системи (системи самодіагностики). Характерною ознакою таких мотор-тестерів є наявність в їх структурі (комплектації) діагностичного сканера, який підключається до діагностичного рознімання системи керування ДВЗ.

Мікропроцесорна будова мотор-тестерів дозволяє автоматизувати процес тестування не тільки електричних систем двигуна (тести якості згоряння палива, елементів системи запалювання, виявлення причин ускладненого пуску), а і його механічної частини (тести розгону, балансу потужності по циліндрах, механічних втрат, прогріву).

Сучасні мотор-тестери відрізняються за функціональним наповненням та конструктивним виконанням (рис. 2.3.10).



**Рис. 2.3.10. Зовнішній вигляд мотор-тестерів різної конструкції:
а – консольний; б – модульний; в – портативний**

Функціональна відмінність сучасних мотор-тестерів визначається їх структурою (складом і периферійним оточенням) та особливістю функціональних перетворень (способами реалізації вимірювань і програмним забезпеченням). Мотор-тестер може забезпечувати режими: вимірювань мультиметра осцилографа і сканера; інфор-

маційного монітору газоаналізатора і діагностичного конектора електронного блоку керування. Як периферійні, можуть використовуватися програмно-інформаційні пристрої (картриджі), потужні персональні комп'ютери, принтери.

Автомобільні осцилографи в структурі сучасного мотор-тестера (аналізatori ДВЗ, аналізatori системи запалювання) відрізняються від осцилографів попереднього покоління: наявністю декількох вимірювальних каналів; можливістю перетворення (модифікації) інформаційних сигналів та отримання зображення на цифровому рівні; здатністю працювати у режимі запам'ятовування зображення та даних. Поряд з цим мікропроцесорна будова приладу дає можливість автоматизувати процеси вимірювання та статистичної обробки вимірювальної інформації.

Програмне забезпечення мотор-тестерів характеризується: повнотою бази даних для різних моделей двигунів автомобілів; переліком тестів автоматичного виконання; досконалістю експертної системи (глибиною локалізації несправності) та інтерфейсу користувача (автоматичне настроювання режимів вимірювань, інтерактивний пошук несправностей, форма надання діагностичної інформації).

Консольні мотор-тестери (рис. 2.3.10, а) виконані на базі персональних комп'ютерів. Вимірювальні адаптери та адаптери підключення мотор-тестерів такої конструкції розташовані на спеціальній поворотній консолі для зручності їх підключення до двигуна в стаціонарних умовах.

Мотор-тестери модульної конструкції (рис. 2.3.10, б) являють комплект конструктивно-відокремлених пристроїв (модулів), основу яких складають пристрій інтерфейсу (модуль мотор-тестера) та персональний комп'ютер типу ноутбук з відповідним програмним забезпеченням. Електрично-поєднані конструктивні модулі приладу базуються на пересувному контейнері, що забезпечує зручність проведення операцій діагностування в стаціонарних умовах (на посту). Вразі необхідності, окремі модулі приладу, залежно від поставленої задачі, можуть використовуватися безпосередньо на борту в стаціонарних умовах або під час руху автомобіля.

Окремі моделі приладів комплексної діагностики ДВЗ поєднують в собі атрибути консольних і модульних конструкцій мотор-тестерів (рис. 2.3.11).

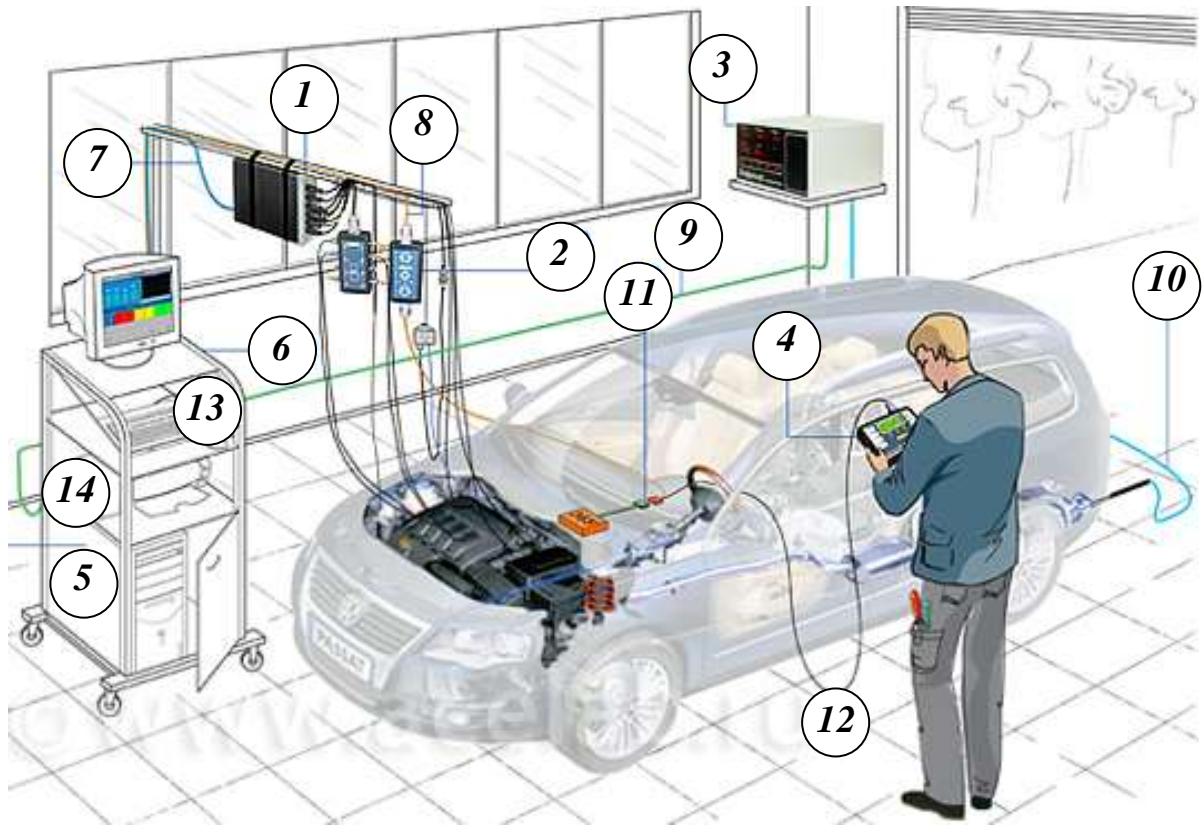


Рис. 2.3.11. Розташування діагностичних приладів на посту комплексної діагностики ДВЗ та систем керування

Згідно позиціям на рис. 2.3.11 позначено: *1* – модуль мотор-тестера; *2* – програмний сканер; *3* – газоаналізатор; *4* – портативний сканер; *5* – системний блок комп'ютера; *6* – пересувна консольна стійка; *7, 8, 9* – кабелі підключення мотор-тестера, адаптера програмного сканера та газоаналізатора до системного блоку; *10* – зонд відбору відпрацьованих газів; *11* – діагностичне рознімання автомобіля; *12* – адаптер підключення портативного сканера; *13* – клавіатура комп'ютера; *14* – принтер.

Портативні мотор тестери (рис. 2.3.10, в) живляться від бортової мережі автомобіля, що дозволяє їх використовувати під час руху автомобіля, спостерігати відхилення параметрів від допустимих значень та визначати приховані і непостійні несправності. Портативний прилад доречно використовувати як накопичувач оперативної діагностичної інформації з подальшим її детальним аналізом за допомогою персонального комп'ютера в стаціонарних умовах.

2.3.3. Засоби агрегатної діагностики

Процес діагностування в електровідділенні (агрегатна діагностика), зазвичай складається з трьох етапів. Спочатку підтверджується або спростовується попередній діагноз, поставлений на борту автомобіля, шляхом його випробування в зібраному стані на спеціальних стендах. Потім несправність локалізується після розбирання агрегату та перевірки його структурних параметрів. Після усунення несправності чи відновлення елементів агрегату, його збирають та остаточно перевіряють працездатність і відповідність нормованим технічним характеристикам (параметрам).

На першому етапі агрегатної діагностики (за вихідними параметрами агрегату) використовуються спеціальні випробувальні стенди та стенди комплексних перевірок елементів електрообладнання (СКП). Спеціальні стенди розрізняють за призначенням (для перевірки елементів системи пуску, електропостачання, запалювання).

Стаціонарні контрольні-вимірні стенди спеціального призначення зазвичай поєднують установки та прилади для перевірки елементів системи пуску та електропостачання в одному корпусі. Основу конструкції означених стендів складає електропривод з контрольованою швидкістю обертання (живлення $\sim 220/380$ В). На робочій панелі стенда передбачено універсальні пристосування для фіксації генераторів та стартерів різної потужності, які підлягають перевірці (рис. 2.3.12).

Стенди забезпечують робочі швидкісні (регулятор швидкості) та навантажувальні (гальма, пакет опорів) режими (імітацію умов борта) електричних машин (генераторів, стартерів) та індикацію (аналогову або цифрову) контрольованих параметрів (характеристик): струмів якоря та збудження (амперметри), швидкості обертання (фотоелектричний тахометр), крутного моменту (тензометричний динамометр) загальмованого стартера (див. п.п. 2.2.5).

Живлення стартерів на стендах забезпечується вмонтованим мережним джерелом. Електростартери на стендах перевіряються у режимах холостого ходу та повного гальмування, а генератори – на обертах холостого ходу та під номінальним навантаженням. Додатково оснащуються омметром та пристроєм для перевірки якорів стартерів.



Рис. 2.3.12. Зовнішній вигляд спеціальних стендів стаціонарного базування: а – Е-250-02; б – ЕВ-380; в – Е-242; г – АЕМ-2а

Стаціонарні стенди дозволяють перевіряти: генератори з номінальною напругою 12 В, 24 В під навантаженням до 160 А; стартери 12 В, 24 В, лівого і правого обертання, потужністю до 9 кВт; регулятори напруги та реле стартерів (тягові і додаткові) повного асортименту промислових зразків.

Спеціальні стенди перевірки елементів систем запалювання (рис. 2.3.13), призначені для перевірки елементів контактної, контактно-транзисторної і безконтактних систем запалювання.

Основу конструкції означених стендів складає електропривод з контрольованою швидкістю обертання для забезпечення робочих швидкісних режимів переривника-розподільника. На робочій панелі стенда передбачено універсальні пристосування для фіксації елементів систем запалювання (справних та тих, які перевіряються).



а



б

Рис. 2.3.13. Стенди перевірки елементів систем запалювання настільного базування: а – СПЗ-12; б – СПЗ-16 МЕ

Конструкція стендів поєднує окремі функціональні блоки (модулі) та пристосування:

- живлення силової та вимірювальної частин стенда;
- електроприводу та перетворювача підвищеної напруги для перевірки електричної міцності конденсаторів;
- вимірювальний стробоскопічний диск з лімбом, для спостереження кутових параметрів переривника та автоматів випередження запалювання в динамічному режимі;
- комбінований вимірювальний прилад (авто-тестер);
- вакуумний насос з манометром для імітації розрядження і перевірки вакуум-коректорів;

- блок підключення конденсаторів для вимірювання ємності та перевірки їх електричної міцності;

- блок високовольтних розрядників для спостереження за іскроутворенням.

До комплекту стендів входять еталонні елементи перерахованих систем (справні апарати запалювання). Стенди СПЗ дозволяють контролювати вихідні та структурні параметри систем (елементів) у статичному та динамічних режимах:

- кути замкненого і розімкненого стану контактів;
- кути чергування іскроутворення;
- кути випередження запалювання на робочих режимах ДВЗ;
- опір додаткових резисторів і резисторів, що демпфірують;
- ємність конденсаторів й електричну міцність їх ізоляції;
- спадання напруги на контактах переривника;
- струм, споживаний системою в швидкісному діапазоні;
- напругу на ділянках низьковольтного кола;
- рівень високої напруги вторинного кола (візуально);
- стан ізоляції кришки розподільника (візуально під напругою);
- безперебійність та асинхронність іскроутворення.

За результатами контролю параметрів переривника-розподільника на стенді виконуються регульовальні роботи (зазор між контактами, зусилля притискної пружини), виявляються зношення механічних вузлів і сполучень (кулачка розподільника, штовхальника і осі рухливого контакту).

Модифіковані конструкції стендів типу СПЗ різняться способом реалізації, компоновкою елементів та додатковими функціями. Так на стенді СПЗ-14 в порівнянні з СПЗ-12, вакуум-насос має електричний привод, еталонні котушки запалювання закріплені на панелі та підключені до стенда, додано функціональний блок навантажень системи запалювання (конденсатори та резистори, які імітують розподілену ємність високовольтного кола та нагар свічі запалювання). Стенд СПЗ-16 ЕМ додатково дозволяє контролювати нормовані параметри комутаторів з нормуванням часу накопичення енергії.

Стосовно діагностики мікропроцесорних систем запалювання слід додати, що протягом певного періоду, в окремих автомобільних підприємствах використовувалися спеціальні стенди експери-

ментальних зразків для перевірки блоків керування цифрових систем запалювання.

Універсальні стенди комплексних перевірок (СКП) – поєднують можливості розглянутих спеціальних стендів різного призначення. Являють собою конструктивно поєднаний на одному електроприводі, що імітує ДВЗ, комплект приладів і устаткування для перевірки (випробування) елементів електрообладнання автомобілів визначеного класу. Універсальні стенди СКП (рис. 2.3.14) виконують функції спеціалізованих приладів та спеціальних стендів різного призначення (див. рис. 2.3.4, рис. 2.3.12, рис. 2.3.13, рис. 2.3.15).



Рис. 2.3.14. Універсальний стенд комплексних перевірок елементів систем електрообладнання типу Elkon U 400

Універсальні стаціонарні стенди також живляться від промислової мережі (~220/380 В) та оснащені індикаторами різного типу.

На другому етапі агрегатної діагностики використовуються спеціалізовані, прилади призначені для детальної перевірки окремих вузлів та елементів систем (рис. 2.3.15).

Прилад перевірки якорів (ППЯ) стартерів (рис. 2.3.15, а) індукційного принципу дії (див. п.п. 2.2.5) дозволяє перевіряти якірні (роторні) обмотки стартерів і машин постійного струму на обрив, короткозамкнені витки або пластини колектору, замикання на масу і якість ізоляції. Настільний варіант, живлення від мережі ~220 В.



а



б



в

Рис. 2.3.15. Зовнішній вигляд спеціалізованих переносних приладів, що використовуються в електровідділенні : а – перевірки якорів; б – перевірки свічок запалювання; в – перевірки спідометрів

Прилад дефектоскоп обмоток (ПДО) генераторів має аналогічну будову за принципом дії, але конструктивно виконаний, як портативний. ПДО призначений для перевірки якірних (статорних) обмоток автомобільних генераторів змінного струму, на короткозамкнені витки. Перевірка проводиться в розібраному стані генератора при вилученому роторі і відключених виводах обмоток (від випрямляча).

Прилад перевірки свічок запалювання (рис. 2.3.15, б) типу Э-203-П. Має вбудовані електромагнітний перетворювач (реактор з вібратором) високої напруги, насос та манометр безпосередньої оцінки. В герметичному корпусі приладу передбачено отвір для встановлення свічі, яка перевіряється, та отвір з дзеркальним відбивачем (ілюмінатор) для спостереження за іскрою на електродах свічі та витоків по її тепловому конусу. Дозволяє перевіряти свічі запалювання на безперебійність іскроутворення під тиском, втрати напруги по корпусу і герметичність корпусу свічі. Виготовлений як настільний, живлення від мережі ~220 В.

Прилад для перевірки спідометрів (рис. 2.3.15, в) містить регульовані електропривод та релаксатор (генератор) імпульсів (імітатор сигналу датчика швидкості руху автомобіля) з контролем частоти обертання та надходження імпульсів (цифровий частотомір). Дозволяє перевіряти цифрові та приводні спідометри індукційного типу шляхом порівняння показань спідометра, який перевіряється, з

показаннями індикатора частотоміра. Настільний варіант, живлення від мережі ~ 220 В.

В приміщенні акумуляторного відділення де обслуговуються кислотні акумулятори (заряджаються, ремонтуються) та зберігається обмінний фонд і реактиви, забезпечується примусова вентиляція. На цій ділянці розташовані зарядні пристрої та прилади контролю стану АКБ (ореометри, навантажувальні вилки, тестери АКБ).

Тестери АКБ – прилади призначені для оцінки розрядної ємності та стартової потужності стартерних акумуляторних батарей. Типи (моделі) тестерів АКБ різняться за видом перетворення вимірювальної інформації, конструктивними ознаками та нормованими технічними характеристиками (рис. 2.3.16).



Рис. 2.3.16. Зовнішній вигляд тестерів АКБ: а – аналоговий переносний; б – цифровий настільний; в – цифровий портативний; г – цифровий з принтером

Аналогові тестери (рис. 2.3.16, а) побудовані аналогічно навантажувальній вильці (див. рис. 2.3.2, в), але мають пакет навантажувальних опорів більшого значення, що дозволяє суб'єктивно спостерігати змінення напруги на АКБ під навантаженням та в першому наближенні оцінювати її розрядну ємність. Час тестування складає декілька хвилин.

Вимірювальна частина цифрового тестера АКБ (рис. 2.3.16, б) являє собою швидкісний цифровий вольтметр (див. рис. 2.2.5, в), який керується мікропроцесором і відслідковує спадання напруги на АКБ під значними розрядними струмами (сотні ампер). Завдяки інтенсивному режиму розряду АКБ та малому періоду дискредитації вимірювань (значної опорної частоти мікропроцесора) вдається розрахувати значення розрядної (залишкової) ємності та стартової по-

тужності (виконати тест стану АКБ) з достатньою точністю, протягом декількох секунд.

Сучасні тестери АКБ (рис. 2.3.16, в, г) дозволяють проводити тест стану АКБ та зарядних пристроїв номінальної напруги 6 В, 12 В, 24 В при холодному старті в діапазоні розрядних струмів 40...2000 А.

2.3.4. Вмонтовані засоби діагностики

На сучасних автомобілях, діагностування більшості електричних систем (керування ДВЗ, коробкою передач і зчепленням, гальмівних систем, систем курсової стійкості) здійснюється під час руху автомобіля у дорожніх умовах з використанням вмонтованих діагностичних систем. Класифікація і склад вмонтованих систем діагностики наведені на рис. 2.3.17.



Рис. 2.3.17. Класифікаційна структура вмонтованих засобів діагностики автомобіля

На панелі приладів сучасного автомобіля розміщені показчики традиційних вимірювальних каналів (спідометр, тахометр, вольтметр, амперметр, манометр, термометр) і сигналізатори (рівнів охолоджуючої і гальмівної рідин, рівня мастила у двигуні, несправності ламп світлової сигналізації, спрацювання гальмівних колодок, засмічення повітряного фільтра, аварійного зниження тиску в шинах та ін.). Активізація сигналізаторів (ламп накалювання, світлодіодів) виконується за допомогою датчиків ключового типу через блок керування, що забезпечує необхідний алгоритм їх функціонування (миготіння при включенні, сигнал екстреної зупинки).

У якості датчиків сигналізаторів обриву кола застосовуються геркони (герметичні контакти), які керуються електромагнітним способом (датчики струму) та безконтактні датчики, побудовані на ефекті Холла.

Датчик сигналізатора спрацювання гальмівних колодок являє провідник, вмонтований у тіло гальмівної колодки. На момент зношення колодки до критичного розміру відбувається обрив провідника датчика і формується аварійний сигнал. Сигнал засміченого повітряного фільтра, зазвичай, формується блоком керування на підставі сигналів з датчиків масової витрати повітря і положення дросельної заслінки, що входять до складу системи керування інжекторними ДВЗ. Аварійне зниження тиску у шинах контролюється засобами безконтактної вимірювальної системи, яка носить назву транспордера (мініатюрний приймач-передавач).

Система вмонтованих датчиків (СВД) складається з трьох датчиків, які встановлені на ДВЗ. Виходи датчиків підключені до діагностичного рознімання. На клеми рознімання також виводяться контрольні точки кіл основних електричних систем (рис. 2.3.18).

Датчик верхньої мертвої точки (ВМТ) індукційного типу, призначений для формування імпульсів, що відповідають моменту проходження поршнем опорного (зазвичай першого) циліндра ВМТ. Розташований на картері маховика або на кронштейні напроти шків колінчастого валу. Штифти з магнітного матеріалу, що замикають магнітне коло датчика, запресовані в маховик чи шків привода вентиляційного ременя.

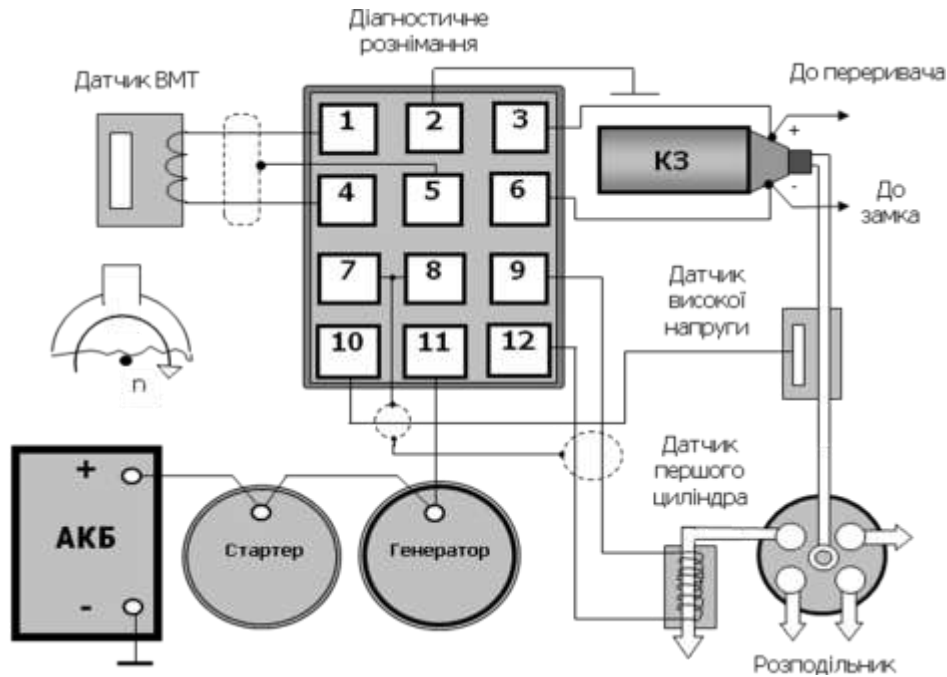


Рис. 2.3.18. Схема електричних підключень елементів системи вмонтованих датчиків

Датчик першого циліндра індуктивного або ємнісного типу призначений для формування імпульсів, що відповідають моменту запалювання в опорному циліндрі. Встановлений на високовольтному проводі свічки опорного циліндра. Виконаний конструктивно у вигляді цанги.

Датчик високої напруги ємнісного типу призначений для одержання імпульсного сигналу, який якісно характеризує параметри імпульсів вторинної напруги системи запалювання. Виконаний у вигляді двох роздільних латунних обкладень, концентрично розташованих навколо центрального високовольтного проводу. Внутрішня обкладка гальванічний зв'язок з центральним проводом, зовнішня підключена до діагностичного рознімання. Система вмонтованих датчиків дозволяє визначати:

- напругу АКБ на холостому ході та під навантаженням;
- рівень напруги, що регулюється;
- несправність діодів випрямляча генератора;
- напругу на котушці запалювання в статичному режимі, у режимі пуску і в робочому режимі ДВЗ;
- падіння напруги на контактах переривника;

- кут замкненого стану контактів переривника в статичному і динамічному режимах;
- стан елементів вторинного кола системи запалювання;
- асинхронність іскроутворення;
- кут установки запалювання;
- кут випередження запалювання;
- частоту обертання колінчатого вала та її зниження при відключенні запалювання окремих циліндрів.

Кількість і якість вимірюваних діагностичних параметрів та глибина локалізації несправності визначаються рівнем діагностичної апаратури, яка підключається до рознімання СВД.

Бортові діагностичні системи (БДС) складаються з електронного блока керування (ЕБК), на який надходять інформаційні сигнали від датчиків, розташованих на об'єктах діагностики автомобіля. ЕБК сприймає сигнали поточних параметрів, обробляє їх, порівнює з допустимими значеннями (експертна система) і модифікує в діагностичну інформацію, яка виводиться на монітор (інтерфейс користувача).

Системи самодіагностики (ССД) – бортові діагностичні системи, інтегровані в системах керування, об'єктами яких виступають самі системи керування. Контроль процесу діагностики здійснюється водієм через операторську периферію (монітор, клавіатуру). Операторська периферія може розташовуватися на панелі приладів автомобіля, як штатне обладнання, або відокремлюватися, як діагностичний прилад – сканер, який підключається до бортової системи через діагностичне рознімання (див. рис. 2.3.9, б). Зазвичай, в системі самодіагностики передбачається активна функція резервування елементів системи (апаратне заміщення) або їх сигналів (програмне заміщення) на випадок пошкодження основних датчиків чи виконавчих пристроїв системи керування.

Контрольні запитання до розділу 2

57. За якими ознаками класифікуються засоби діагностики?
58. Як класифікують засоби діагностики за структурою?
59. Як класифікують засоби діагностики за категорією?
60. Як класифікують засоби діагностики за конструкцією?

61. Як класифікують засоби діагностики за призначенням?
62. Як класифікують засоби діагностики за функціональністю?
63. Визначте поняття «Діагностичний прилад», «Діагностичний пристрій», «Діагностична установка».
64. Визначте поняття «Діагностичне обладнання», «Діагностичне устаткування».
65. Визначте поняття «Діагностична система», «Діагностичний комплекс».
66. Як різняться прилади, які функціонують за структурою вимірювача, активізатора та тестера?
67. Як різняться діагностичні прилади за місцем діагностування, типом живлення та мобільністю?
68. Назвіть переваги та недоліки приладів з різним типом індикації.
69. Яким чином умови діагностування впливають на глибину локалізації несправності?
70. За якими ознаками класифікують методи діагностики електрообладнання автомобілів?
71. Назвіть параметри електричних систем, які розглядаються як діагностичні.
72. За якими загальними ознаками класифікуються вольтметри та амперметри?
73. Яким чином розширюють приділи вимірювань вольтметрів і амперметрів безпосередньої оцінки?
74. Назвіть типи датчиків безконтактної реєстрації напруги та струму в електричному колі.
75. Назвіть переваги електронних вольтметрів.
76. Поясніть принцип побудови цифрових вольтметрів.
77. Поясніть призначення вольтметрів середньоквадратичних значень.
78. Поясніть призначення пікових вольтметрів.
79. Поясніть призначення селективних вольтметрів.
80. Наведіть приклади застосування вольтметрів для діагностування електрообладнання АТЗ.
81. За якими загальними ознаками класифікуються імпульсні генератори?

82. Назвіть різновиди форм імпульсних сигналів, що виробляють вимірювальні генератори.

83. Назвіть параметри за якими нормується реальний прямокутний імпульс та його потужність.

84. За якими схемними рішеннями реалізуються генератори імпульсів?

85. За якими схемними рішеннями реалізуються вимірювачі частоти?

86. Наведіть приклади застосування вимірювальних генераторів та частотомірів для діагностування електрообладнання АТЗ.

87. Наведіть приклади застосування осцилографів для вимірювання діагностичних параметрів електрообладнання АТЗ.

88. Які режими розгортки використовуються при осцилоскопічних вимірюваннях у системі запалювання?

89. Які види зображень використовуються при осцилоскопічних вимірюваннях у системі запалювання?

90. Які діагностичні параметри вимірюються у первинному колі системи запалювання за допомогою осцилографа?

91. Які діагностичні параметри вимірюються у вторинному колі системи запалювання за допомогою осцилографа?

92. Яким чином оцінюють енергію іскрового розряду системи запалювання за допомогою осцилографа?

93. Наведіть перелік пошкоджень у колах системи запалювання, що визначаються за допомогою осцилографа?

94. Сигнали яких автомобільних датчиків аналізують осцилоскопічним способом?

95. Які діагностичні параметри вимірюються в мережі системи електропостачання за допомогою осцилографа?

96. Наведіть перелік пошкоджень в елементах системи електропостачання, що визначаються за допомогою осцилографа?

97. В чому полягає моторний метод осцилоскопічної діагностики автомобільного генератора?

98. В чому полягає безмоторний метод осцилоскопічної діагностики автомобільного генератора?

99. Назвіть переваги та недоліки безмоторного методу осцилоскопічної діагностики автомобільного генератора?

100. Назвіть різновиди вимірювачів електричного опору?

101. Опір яких елементів (кіл) електрообладнання перевіряється за допомогою вимірювального міста, омметра та мегомметра.
102. В чому полягає перевірка стану напівпровідникових приладів за допомогою омметра.
103. Яким чином вимірюються параметри світлових впливів?
104. Яким чином вимірюються силові параметри механічних систем?
105. Поясніть принцип побудови вимірювача крутного моменту.
106. Поясніть принцип побудови приладу для визначення витків котушки, які замкнуті між собою.
107. Поясніть принцип побудови фотометричних приладів для аналізу хімічного складу газів.
108. В чому полягає метод аналізу хімічного складу газів при їх каталітичному спалюванні.
109. Наведіть приклади найпростіших засобів діагностики електрообладнання автомобілів.
110. Наведіть приклади спеціалізованих засобів діагностики електрообладнання автомобілів промислових зразків.
111. Поясніть призначення навантажувальної вилки.
112. Поясніть призначення автомобільного стробоскопу.
113. Поясніть призначення автомобільного регласкопу.
114. Наведіть приклади спеціалізованих приладів для перевірки електронних блоків автоматичних систем автомобіля.
115. Поясніть будову спеціальних діагностичних приладів для перевірки контрольно-вимірювальних приладів автомобіля.
116. Як різняться автомобільні тестери за конструктивними ознаками.
117. Наведіть перелік параметрів, які вимірює портативний автомобільний тестер.
118. Наведіть перелік елементів, які контролюються за допомогою автомобільного тестера типу «діагностична валіза».
119. В чому полягає комплексна діагностика автомобіля?
120. Які прилади та устаткування використовуються в діагностичних комплексах на постах і лініях «експрес-діагностики»?
121. За якими показниками різняться автомобільні газоаналізатори?

122. За якими показниками різняться автомобільні реглоскопи?
123. За якими показниками різняться діагностичні сканери?
124. Яким чином забезпечується універсальність використання діагностичних сканерів?
125. Що собою являють програмні діагностичні сканери?
126. Які функції діагностичних приладів виконує мотор-тестер?
127. Як різняться мотор-тестери за конструктивною ознакою?
128. Наведіть перелік основних параметрів, які перевіряються за допомогою мотор-тестерів базової конструкції.
129. Які додаткові можливості надають мікропроцесорні мотор-тестери?
130. Назвіть переваги портативних мотор-тестерів.
131. Наведіть приклади контрольно-випробувальних стендів спеціального призначення.
132. Які параметри контролюються на стендах перевірки елементів систем пуску ДВЗ?
133. Які параметри контролюються на стендах перевірки елементів систем електропостачання автомобіля?
134. З яких функціональних блоків складається стенд для перевірки елементів систем запалювання?
135. Наведіть перелік параметрів систем запалювання, які перевіряються на спеціальному стенді.
136. Означте особливості будови стендів комплексних перевірок елементів автомобільних електричних систем.
137. Наведіть приклади спеціалізованих діагностичних приладів, які використовуються в електровідділенні.
138. За якими показниками різняться тестери АКБ?
139. Перелічіть системи вмонтованих засобів діагностування.
140. Які параметри дозволяє контролювати системи вмонтованих датчиків?
141. Наведіть склад та призначення елементів бортових діагностичних систем.

Розділ 3. МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

3.1. Виявлення несправностей на підставі симптом та ознак їх прояву

3.1.1. Несправності системи електропостачання

Під назвою методу діагностики, в практичній діяльності оператора-діагноста, розуміють ознаки, що визначають: вид діагностичної інформації, на підставі якої ставиться діагноз; місце та умови проведення діагностичних операцій; засіб діагностики, за допомогою якого вимірюються діагностичні параметри.

За першою ознакою розрізняють органолептичні (суб'єктивна діагностика) і інструментальні (апаратна діагностика) методи отримання діагностичної інформації.

Суб'єктивна діагностика електричних систем полягає в аналізі симптом і ознак несправностей (незадовільна робота або непрацездатність) системи, які, в більшості випадків, реєструються за негативною реакцією вихідного перетворювача енергії (тьмяне світло фар, мала швидкість обертання валу стартера, слабкий іскровий розряд, відхилення показань індикаторів на панелі приладів) або ДВЗ, як об'єкта керування (зниження ефективної потужності, надмірна витрата палива, не достатня приємність, нестабільність обертів холостого ходу, нерівномірність обертання колінчастого валу).

Якщо проводиться суб'єктивна діагностика мехатронної системи, яка поєднує електричну систему керування та механічний об'єкт керування (вузол, агрегат, систему) поняття ознаки і симптоми різняться. Під ознакою несправності, в такому разі, розуміють негативну реакцію виконавчих пристроїв системи керування (структурні параметри мехатронної системи) на збуджуючі (керуючі, тестові) впливи (стимули), а під симптомом несправності – негативну реакцію об'єкту керування (вихідні параметри). Зазвичай, ознака несправності (спрацьовування виконавчих пристроїв) реєструється при тестових впливах на систему керування коли об'єкт керування не працює, а симптом – в робочому стані (режимі) мехатронної системи (при працюючому ДВЗ).

Симптоми несправностей електрообладнання, зазвичай, проявляються в дорожніх умовах при русі автомобіля. В такій ситуації автомобіль зупиняють і локалізують несправність шляхом зовнішнього огляду або за допомогою найпростіших (підручних) засобів діагностики (екстрена діагностика). Під час локалізації несправності на борту автомобіля в стаціонарних умовах (гараж, бокс) застосовуються додаткові універсальні та спеціалізовані прилади бортової діагностики.

Вихідними діагностичними параметрами, які характеризують стан системи бортового електропостачання (СБЕ), є рівень напруги, що регулюється U_{PH} і величина пульсацій ΔU_{PH} . Величину першого параметра вимірюють за вольтметром, другий – осцилографом. Для класичного борту автомобіля припустимі відхилення цих параметрів від номінальних значень складають $U_{PH} \pm 3\%$; $\Delta U_{PH} \leq 5\%$. Відхилення значень означених параметрів вище припустимих приводить до значного зниження терміну служби АКБ і освітлювальних ламп, порушенню режимів роботи інших систем автомобіля. Несправності, які виникають у системі, характеризуються переліком симптомів, що мають неін'єктивне звуження відповідності несправність – симптом, і додатковими ознаками зовнішнього прояву.

1. Не працюють всі споживачі (не горять лампи освітлення, не функціонує звуковий сигнал, стартер не включається, стрілка амперметра не відхиляється у бік розряду при включенні запалювання). Причини несправності та способи їх виявлення:

– розряджена чи несправна АКБ. Перевірка працездатності виконується за допомогою найпростіших приладів (пробник, вольтметр);

– порушення кола живлення через окислення чи слабе кріплення виводів АКБ, амперметра, тягового реле стартера, вимикача маси чи їх несправності. Пошук місця обриву виконують послідовним вимірюванням напруги по колу у відповідності зі схемою СБЕ або перемиканням окремих її ділянок.

2. Всі споживачі працюють з недостатньою потужністю при непрацюючому ДВЗ (стартер обертається повільно, лампи горять тьмяно, сигнал звучить слабо). Причини несправності та способи їх виявлення:

– сильно розряджена АКБ. Стан АКБ визначають за знижен-

ням на ній напруги нижче ніж 8 В при включенні стартера;

– збільшився перехідний опір контактів чи виводів кола живлення. Місце порушення контактів визначають шунтуванням виводів за допомогою перемички або за падінням напруги на окремих ділянках кола живлення. Падіння напруги на кожному механічному з'єднанні провідників не повинно перевищувати 0,1 В і складати не більш як 4% від номінальної напруги в цілому на всіх проводах послідовного підключення ділянок кола живлення.

3. АКБ не заряджається (при роботі ДВЗ на будь-якій частоті обертання амперметр показує розрядний струм). Причини несправності та способи їх виявлення:

– обрив чи слабкий натяг ременя привода генератора. Визначається зовнішнім оглядом і вимірюванням прогину ременя під навантаженням відповідно до нормованого значення;

– обрив кола генератор – АКБ. Місце обриву визначають за допомогою вольтметра чи пробника при непрацюючому ДВЗ шляхом перевірки напруги АКБ на ділянках кола, що перевіряється;

– обрив кола збудження генератора. Пробник чи вольтметр підключають до виводу «Ш» генератора і включають запалювання. Якщо напруга на обмотці збудження відсутня – коло її підключення обірвано;

– несправний регулятор напруги (РН) чи генератор. Для локалізації несправності відключають РН від генератора, запускають ДВЗ, короткочасно замикають клеми “Я” і ”Ш” генератора між собою. Якщо амперметр на панелі приладів показує зарядний струм – несправний регулятор. Якщо навпаки – несправний генератор.

4. АКБ недозаряджається (амперметр показує малий струм заряду на будь-якій частоті обертання ДВЗ, включення фар викликає різке зниження зарядного струму, спостерігається різке коливання стрілки амперметра). Причини несправності та способи їх виявлення:

– пробуксовка ременя генератора. Перевіряють візуально, збільшують натяг, знежирюють шків, замінюють ремінь;

– не відрегульований РН. Вимірюють значення напруги бортової мережі на середніх обертах ДВЗ при включених фарах і порівнюють показання вольтметра з регламентованими значеннями;

– замащення контактних кілець чи нещільне притиснення щіток у генераторі. Діагноз підтверджується зовнішнім оглядом при частковому розбиранні генератора;

– порушення контакту в колі заряду АКБ при вібраціях ДВЗ. Пошук місця порушення здійснюється візуально.

5. АКБ перезаряджається (при тривалій роботі ДВЗ і різному навантаженні бортової мережі амперметр постійно показує зарядний струм, стрілка амперметра не встановлюється в нульове положення, збільшення обертів ДВЗ призводить до підвищення струму заряду, спостерігається сильне газоутворення в електроліті АКБ, помітне зниження рівня електроліту, занадто яскраве світіння фар). Причини несправності та способи їх виявлення:

– не відрегульований чи несправний регулятор напруги. Перевіряється заміною;

– замкнуті між собою виводи “Я” і “Ш” генератора. Для локалізації несправності рівень напруги бортової мережі вимірюють при працюючому ДВЗ. Якщо вимірювана напруга вище норми і постійна в широкому діапазоні зміни частот обертання ДВЗ, не відрегульований РН. Якщо напруга борта зростає пропорційно росту обертів, необхідно відключити РН від генератора (розімкнути вивід “Ш”). Різке зниження напруги, при цьому, вказує на несправність РН. Якщо така реакція відсутня, це свідчить про замкнення клем “Я” і “Ш” генератора;

– окислення контактів замка запалювання. Для підтвердження цього діагнозу вимірюють падіння напруги на замку запалювання. Воно не повинно перевищувати 0,1 В при відключених споживачах, які не забезпечують роботу ДВЗ.

3.1.2. Несправності системи пуску

Як вихідні параметри системи електростартерного пуску (СЕР) розглядають значення крутного моменту на валу стартера та швидкості його обертання, при яких забезпечується надійний пуск ДВЗ. Залежність між переліченими параметрами визначається робочими характеристиками стартера. Вимірювання крутного моменту стартера на борту автомобіля без застосування спеціальної вимірювальної системи (див. п.п. 2.2.5) неможливо, тому основною

ознакою при суб'єктивній оцінці стану системи є частота прокручування колінчастого валу ДВЗ. Перелічимо характерні симптоми, що вказують на наявність несправності системи чи її елементів, визначимо причини і способи виявлення цих несправностей.

1. Стартер включається, потім самотійно відключається, не набравши обертів (може спостерігатися повторний цикл, при цьому чути спрацьовування обох реле стартера). Причини і способи виявлення несправності:

- несправна чи розряджена АКБ. Реєструється за зниженням напруги на клеммах АКБ нижче 8 В при включенні стартера. При відсутності вольтметра зниження напруги можна спостерігати по світлу фар;

- не надійний контакт у колі АКБ – тягове реле – корпус автомобіля. Для локалізації місця порушення контакту виміряють падіння напруги на перехідних опорах контактних з'єднань при включеному стартері. Сумарне падіння напруги в з'єднаннях елементів стартерного кола не повинно перевищувати 1,5 В;

- несправне реле включення або тягове реле стартера. Для перевірки реле включення стартера на ньому замикають між собою виводи «С» і «Б». Якщо при цьому спрацьовує тягове реле і відбувається пуск стартера – несправне реле включення стартера, якщо навпаки, – несправне тягове реле стартера.

2. Стартер не включається (яскравість світла фар при включенні стартерного режиму не змінюється). Причини несправності та способи їх виявлення:

- порушено контакт на клеммах АКБ. Зробити очищення і затягування клем, випробувати;

- порушено контакт у колі живлення тягового реле. Зробити послідовне шунтування ділянок кола за допомогою перемички і локалізувати несправність;

- заїдання якоря тягового реле у втулці електромагніту. Зробити випробування примусовим уведенням шестірні привода стартера в зачеплення з вінцем маховика;

- несправний замок запалювання. Виконати шунтування відповідних виводів замка запалювання перемичкою, випробувати;

- несправний щітко-колекторний вузол електродвигуна стартера. Діагноз підтверджують при частковому розбиранні стартера в знятому з автомобіля стані.

3. Стартер включається, але не повертає колінчастий вал або прокручування відбувається з недостатньою частотою обертання (світло включених фар при включенні стартера слабне). Причини несправності та способи їх виявлення:

- порушено контакт у колі керування чи у силовому колі стартера. Локалізація несправності здійснюється послідовним шунтуванням ділянок кола за допомогою перемички;

- несправний стартер. Можливі несправності: коротке замкнення в обмотках збудження або якоря; заїдання ротора за полюсні башмаки статора через пошкодження підшипників; пошкодження щітко-колекторного вузла. Несправності локалізуються при розбиранні;

- розряджена АКБ. Визначається раніше описаним методом.

4. Вал стартера обертається але не повертає колінчастого валу ДВЗ (чути характерний шум обертання стартерного електродвигуна). Причини несправності та способи їх виявлення:

- пробуксовка муфти вільного ходу (МВХ) через пошкодження роликів або обойми, заїдання штовхальників. Діагноз підтверджується при розбиранні стартера, знятого з автомобіля;

- зруйновано зубці вінця маховика чи шестірні. Визначається зовнішнім оглядом на борту автомобіля;

- руйнування буферної пружини чи засмічення шліцевих пазів валу. Діагноз підтверджується після розбирання стартера в електровідділенні.

5. При обертанні стартера чути скрегіт. Причини несправності та способи їх виявлення:

- забоїни на зубцях вінця маховика чи шестірні, перекіс стартера через погане кріплення його до картера. Визначається зовнішнім оглядом;

- неправильне регулювання ходу шестірні приводу і моменту замкнення силових контактів тягового реле. Діагноз підтверджується при проведенні операцій регулювання у знятому з автомобіля стані;

- послаблена чи зруйнована буферна пружина механізму привода. Діагноз підтверджується при розбиранні стартера в електровідділенні.

6. Після пуску ДВЗ стартер не виключається. Причини несправності та способи їх виявлення:

- перекіс стартера. Визначається зовнішнім оглядом;
- заїдання приводу на шліцевій частині валу, спікання контактів тягового реле чи реле блокування, зігнутий вал якоря, зруйнована повертаюча пружина. Локалізація несправності виконується при розбиранні стартера в електровідділенні;

- заїдання фіксуючої частини замка запалювання. Визначається відключенням провідника живлення обмотки додаткового реле стартера від клеми замка запалювання.

7. Надмірне нагрівання середньої частини корпусу стартера. Такі ознаки свідчать про короткі замикання в обмотках статора чи ротора. Локалізація несправності виконується в електровідділенні.

3.1.3. Несправності системи запалювання

Вихідними діагностичними параметрами системи запалювання є рівень вторинної напруги, напруги пробую іскрового проміжку і горіння іскри, тривалість і енергія іскрового розряду, момент (кут) запалювання. Значення цих параметрів визначають якість згоряння робочої суміші у циліндрах двигуна й ефективність його роботи. Кількісну оцінку цих параметрів можна дати тільки при використанні діагностичних приладів (див. п.п. 2.2.3). Якісна суб'єктивна оцінка працездатності системи за ознаками (відсутність іскрового розряду) та симптомами (незадовільна робота ДВЗ) дозволяє виявити її основні несправності, що виникають при експлуатації автомобіля. Перелічимо характерні симптоми, додаткові ознаки, причини і способи виявлення несправностей контактної системи запалювання.

1. Двигун не запускається. Причини несправності та способи їх виявлення:

- обрив кола АКБ – стартер – амперметр – замок запалювання. Діагноз підтверджується включенням фар. Локалізація місця обриву кола виконується за допомогою пробника або вольтметра, послідовним шунтуванням ділянок кола перемичкою. На несправність зам-

ка запалювання вказує відсутність реакції стрілок показчиків на панелі приладів при вмиканні живлення;

- несправні свічки запалювання. Для підтвердження діагнозу послідовно відключають високовольтні проводи від свічок, підводять із зазором 7 мм до корпусу ДВЗ, відключають усіх споживачів і при включеному запалюванні примусово прокручують колінчастий вал. Наявність іскри на відповідних проводах свідчить про несправність свічки. Відсутність іскри на всіх роздавальних проводах вимагає подальшої локалізації несправності;

- несправний розподільник запалювання. Від'єднується центральний високовольтний провід від кришки розподільника і підводиться до корпусу ДВЗ. Діагноз підтверджується, якщо в результаті випробування приведеним способом іскра з'являється. Відсутність іскри свідчить про несправність центрального високовольтного проводу, котушки запалювання чи її первинного кола;

- обрив чи пробій центрального високовольтного проводу. Діагноз підтверджується заміною проводу. Можуть спостерігатися іскрові пробіи проводу на корпус ДВЗ;

- обрив первинного кола. При прокручуванні колінчастого вала в межах циклу комутації контактів переривника стрілка амперметра нерухома і знаходиться на нулі. Причиною відсутності струму в первинному колі можуть бути: несправність переривника (заїдання важільця на осі, поломка притискної пружини, обгоряння чи замаслювання контактів); порушення з'єднань елементів кола; обрив первинної обмотки котушки запалювання; механічне розстикування ротора переривника-розподільника з колінчастим валом. Перераховані несправності виявляються зовнішнім оглядом при частковому розбиранні переривника-розподільника. Обриви зовнішнього кола і первинної обмотки котушки запалювання локалізуються перемиканням окремих ділянок кола по реакції амперметра;

- шунтування контактів переривника або їх нерухомий замкнений стан. При включенні запалювання стрілка амперметра відхиляється на розряд і залишається нерухомою при прокручуванні колінчастого валу. Цим ознакам відповідають такі несправності: механічне розстикування ротора розподільника з колінчастим валом; замикання обкладин конденсатора первинного кола; пробій виконавчого транзистора в комутаторі струму. Перша причина підтверджу-

ється або спростовується під час зовнішнього огляду переривника при знятій кришці розподільника. Для підтвердження другої причини відключають конденсатор, роблять випробування (провертання). Якщо стрілка амперметра при цьому реагує на обертання колінчастого валу, несправний конденсатор (іскра високовольтного розряду при відключеному конденсаторі буде слабкою або не виникати зовсім). Для підтвердження третьої причини комутатор направляється на діагностування в електровідділення;

- несправна котушка запалювання (обрив, замикання чи пробій на корпус вторинної обмотки, замикання витків первинної обмотки). Спостерігаються коливання стрілки амперметра при прокручуванні колінчастого валу, іскра відсутня. Такі ж ознаки виникають при обриві обкладок конденсатора. Несправність локалізується заміною елементів.

2. *Ускладнений пуск двигуна (нерегулярні спалахи робочої суміші в окремих циліндрах двигуна). Після пуску і прогріву, ДВЗ працює нормально.* Причини несправності та способи їх виявлення:

- розряджена АКБ. Діагноз підтверджується, якщо спостерігається зниження напруги в режимі пуску. Для полегшення пуску слід перемкнути додатковий опір первинного кола котушки запалювання (клеми ВК і ВК-Б);

- утворення нагару на нижній частині чи волога на верхній частині свічок запалювання, волога на роторі чи кришці розподільника. Діагноз підтверджується візуально при частковому розбиранні розподільника і вивертанні свічок.

3. *Нестійка робота ДВЗ на різних обертах.* Причиною прояву даної ознаки може бути знос рухливих деталей системи чи ненадійний контакт високовольтних проводів при вібраціях ДВЗ. Несправність локалізується зовнішнім оглядом і випробуванням.

4. *При плавному відкритті дросельної заслінки відбувається нерівномірне збільшення частоти обертання ДВЗ.* Причини несправності та способи їх виявлення:

- динамічний обрив чи пробій провідників. Несправність локалізується зовнішнім оглядом і заміною проводів;

- окислення чи забруднення контактів переривника. Діагноз підтверджується зовнішнім оглядом у неробочому стані ДВЗ при знятій кришці розподільника;

- порушення оптимального зазору між контактами переривника чи свічок запалювання. Діагноз підтверджується шляхом вимірювання зазорів за допомогою каліброваних щупів.

5. *Значні коливання ДВЗ на опорах при обертах холостого ходу.* Причини несправності та способи їх виявлення:

- зменшення ємності конденсатора або замикання між витками первинної обмотки котушки запалювання. Локалізація несправності здійснюється заміною елементів;

- тріщини в кришці розподільника. Робиться зовнішній огляд стану кришки. При працюючому ДВЗ можуть спостерігатися електричні розряди в місцях ушкоджень;

- втрата пружності пружини важільця переривника. Проводиться зовнішній огляд стану пружини та її випробування. При необхідності вимірюють тиск пружини за допомогою динамометра на момент розмикання контактів (у неробочому стані ДВЗ), порівнюючи його з нормованими значеннями.

6. *ДВЗ запускається але після вимикання стартера глохне.* Даний симптом викликаний обривом чи перегоранням додаткового резистора котушки запалювання. Підтвердження діагнозу досягають перемиканням виводів ВК і ВК-Б на котушці запалювання чи додатковому резисторі. Якщо при цьому ДВЗ після відключення стартера не глохне, діагноз підтверджується. Якщо навпаки, можлива втрата контакту у мережі живлення системи (замок запалювання, вивід ВК-Б котушки запалювання чи додаткового резистора) при збільшенні напруги борта на момент вимикання стартера. Перевіряється шунтуванням ділянок кола перемичкою.

7. *Спостерігається підвищена витрата палива і зниження потужності ДВЗ.* Такий симптом виникає при відсутності іскри в одному чи декількох циліндрах або при фазових порушеннях процесу запалювання суміші в циліндрах. Для локалізації несправності доцільно звертатися до додаткових ознак.

- помітні коливання ДВЗ на опорах. Причини: несправні окремі свічки, резистори, що подавляють радіочастотні перешкоди, високовольтні проводи, пробій кришки розподільника. Несправність виявляється описаними вище способами (огляд, заміна);

- під час руху автомобіля ДВЗ не забезпечує достатню потужність і приємність. Причина – порушення оптимального зазору

між контактами переривника. Діагноз підтверджується перевіркою зазору за допомогою щупів. Перерахованим ознакам відповідають загальні причини: неправильна установка кута запалювання чи несправність апаратів випередження запалювання. Для локалізації несправності і підтвердження діагнозу в цьому випадку застосовуються автомобільні стробоскопи;

ДВЗ перегрівається, працює з детонаціями, спостерігається слабка іскра високої напруги. Причини – несправний чи обірваний конденсатор первинного кола, несправні деякі свічки, обгоряння чи зношення контактів переривника. Локалізація несправності робиться відомими способами.

8. ДВЗ працює з перебоями. Симптом може бути викликаний цілим комплексом несправностей, розглянутих вище: динамічне порушення контакту в колах системи запалювання, ненадійне кріплення ротора розподільника до ДВЗ, обрив провідника між рухомим і нерухомим дисками механізму переривника, втрата пружності пружини, окислення чи забруднення контактів переривника, нещільне кріплення до корпусу чи втрата ємності конденсатора первинного кола, частковий пробій витків вторинної чи замикання між витками первинної обмотки котушки запалювання, тріщини і пробой кришки розподільника, порушення оптимального зазору між контактами переривника чи свічок, тріщини чи значний нагар на свічах. Локалізація несправності за даним симптомом здійснюється раніше описаними способами.

9. Раптова зупинка ДВЗ (перед зупинкою відбувається нерівномірною робота ДВЗ). Даний симптом відповідає несправностям, пов'язаним з обривом первинного кола системи, шунтуванням контактів переривника, порушеннями (обрив, пробій) у вторинному колі системи, надмірним збільшенням, обгорянням чи забрудненням контактів переривника. Локалізація несправності здійснюється описаними вище способами.

За переліком розглянутих симптомів можна скласти таблицю відповідності їх причинам (несправностям елементів системи запалювання), яка розглядається як таблиця несправностей (карта перевірок) системи (табл. 3.1.1).

Карта локалізації несправностей системи запалювання

Симптоми (стан ДВЗ)									Апарати запалювання (кола системи)
Не запускається	Ускладнений пуск	Нестійка робота	Нерівномірне. обертання	Коливання на опорах	Глохне при відключенні стартера	Зниження потужності	Перебої у роботі	Раптова зупинка	
1	1		1		2		1	1	Низьковольтні кола, АКБ
2	2		4			5	2		Свічі запалювання
5		2	3	4		4	3	3	Переривник струму
3				3		3	6		Розподільник напруги
6				2			5		Котушка запалювання
				1		6	4	2	Конденсатор первинного кола
4		1	2			2		4	Високовольтні кола
					1				Додатковий резистор
						1			Автомати випередження

Формат табл. 3.1.1 дозволяє встановити звуження відповідності симптом – апарат запалювання. Цифри в таблиці вказують оптимальну послідовність виконання перевірок.

Візуальна перевірка стану свічок запалювання дозволяє встановити несправності, які виникають у системах запалювання, подачі повітря, подачі палива та газорозподілу (табл. 3.1.2).

Таблиця 3.1.2

Візуальна діагностика свічок запалювання

Зовнішній вигляд	Додаткові ознаки та симптоми	Причини відхилень та способи відновлення
Ізолятор та тепловий конус білого або блакитнувато-го кольору	Відсутні пошкодження корпусу та різьбового хвостовика	Нова свіча
Тепловий конус коричневого кольору	Поверхня суха без нагару, відсутність відкладень продуктів згоряння та ерозії електродів	Справна свіча, нормальні умови функціонування
Відкладення нагару на електродах та тепловому конусі	Перебої запалювання, погана приємність, Передуги їзда на малих швидкостях з частими зупинками й стартами	Збагачена паливна суміш, (повітряний фільтр, рівень палива в поплавковій камері), надмірний кут випередження запалювання. Поставити свічки з меншим калільним числом
Відкладення мастила (закоксованість) на електродах та тепловому конусі	Перебої запалювання, погана приємність	Мастило у камері згорання. (кіляця, що скидають, мастило, ущільнення клапанів), ушкодження діафрагму вакуумного підсилювача або мембрану вакуум-коректора
Тепловий конус і електроди покриті вологими відкладеннями чорного кольору	Свіча пахне паливом, перебої запалювання	Збагачена паливна суміш (повітряний фільтр, рівень палива в поплавковій камері), «холодна» свіча. Поставити свічки з меншим калільним числом
Ерозія (зношення) електродів (тонкі електроди з округленими краями)	Утруднений пуск двигуна, підвищена витрата палива	Збільшений зазор між електродами. Замінити свічки аналогічними

Продовження таблиці 3.1.2

Суха свіча, ізолятор центрального електрода білого кольору	Зниження терміну служби свічок	Перегрів свічки (тип свічки, перебільшений КВЗ, склад робочої суміші, порушення вакууму у впускному колекторі, стан клапанів, низький рівень охолоджуючої рідини (засмічено радіатор))
Тепловий конус білого кольору зі слідами нагару, оплавлені електроди	Перебої запалювання. Передує їзда на підвищених обертах	Калільне запалювання (занадто «гаряча» свічка, перебільшений кут випередження запалювання). Збіднена паливна суміш (не відрегульована паливна система, підсмоктування повітря у впускний колектор, затиснуті клапани). Порушення в системі охолодження, низький рівень мастила в двигуні
Тепловий конус жовтого кольору, поверхня глянцева, тверді відкладення на електродах	Перебої запалювання на підвищених обертах, внаслідок підвищення температури в камері згоряння. Передують різкі натиснення на педаль газу	Замінити свічі
Відкладення у вигляді плям на тепловому конусі	Циліндр холодний	Несправна система або свіча запалювання
Нагар між електродами	Відсутня іскра. Свіча і циліндр холодні	Замінити свічку або зняти нагар
Рихлі відкладання на електродах сіро-коричневого кольору з неприємним запахом сірководню	Надлишки палива, мастила, волога в циліндрі. Коливання двигуна при прискоренні. Передує використання етилованого бензину	Перебої запалювання, ущільнення клапанів, марка бензину
Тріщини та жовтий нагар теплового конуса	Детонація двигуна. Руйнування поршня	Детонаційне згоряння палива з низьким октановим числом, передчасне запалювання. Тип палива, кут запалювання. Знизити навантаження двигуна, замінити свічки

Зовнішній вигляд дефектів свічок запалювання, які перебували в експлуатації, показано на рис. 3.1.1.



Рис. 3.1.1. Зовнішні ознаки несправних свічок запалювання:

- а – відкладення нагару; б – зміна кольору теплового конусу;
- в – рихлі відкладення; г – наслідки витоків під високою напругою;
- д – поламка (розтріскування) ізолятора;
- е – світле покриття електродів; ж – наслідки пробою на корпус

Стосовно вигляду свічок слід додати, що відхилення процесів згоряння за різними причинами викликає дефект свічі, який у свою чергу спричиняє подальше погіршення роботи ДВЗ (прояв симптом несправності).

В такому разі, визначити що є причиною, а що наслідком не завжди вдається. Так, виток під високою напругою чи пробої по корпусу свічі (рис. 3.1.1, г, ж), спричинені засміченням поверхні свічі або головки блоку циліндрів, призводять до зменшення енергії іскрового розряду (якості підпалювання суміші), та як наслідок, утворення нагару (рис. 3.1.1, а), який в подальшому зростає (рис. 3.1.1, б) та викликає калільне запалювання (рис. 3.1.1, в) або детонацію (рис. 3.1.1, д). Сірий колір незначного покриття електродів (рис. 3.1.1, е) вказує на наявність присадок або домішку сполучень заліза.

3.1.4. Пошук несправностей системи освітлення і сигналізації

Освітлювальні прилади автомобіля мають задовольняти двом суперечливим вимогам – створювати можливість максимальної дальності видимості в темний час доби і висвітлювати дорогу, не засліплюючи водія зустрічного транспорту. Для забезпечення таких вимог необхідна певна орієнтація світлових пучків головних фар до бази автомобіля. За видом орієнтації фар розрізняють дві системи світлорозподілу – американську (симетричну) і європейську (асиметричну). Крім орієнтації світлових пучків за вихідний діагностичний параметр системи приймається сила світла фар, яка вимірюється в напрямку осі відліку. Фари європейської системи регулюються таким чином, щоб площина, яка проходить крізь ліву частину світлотіньової межі ближнього світла, була нахилена до площини дороги на визначений кут. Нормативні значення цього кута складають: 52' для легкових автомобілів; 86' для вантажних автомобілів, автобусів і тракторів; 69' для мікроавтобусів. Орієнтація світлових пучків і сила світла фар перевіряються за допомогою реглоскопів (див. п.п. 2.3.2).

Сила світла сигнальних вогнів системи в напрямку осі відліку також має відповідати нормативним значенням: габаритні вогні – 2...12 Кд; сигнали гальмування – 20...100 Кд; покажчики повороту – 40...200 Кд.

Для покажчиків поворотів обумовлюється нормативне значення частоти спалахів (90 ± 30 спалахів на хвилину при шпаруватості 30...70 %). Нормується також час від моменту включення покажчиків повороту до першого спалаху (має не перевищувати однієї секунди). Вимірювання частоти і часу включення здійснюється за допомогою секундоміра чи мигметра. Світлосигнальні ліхтарі системи нормуються за потужністю ламп і кольором спектру, що випромінюється.

Рівень звукового тиску звукових сигналів має бути в межах 90...120 дБ, а частота звучання сигналу 230...400 Гц. Вимірювання цих параметрів робиться за допомогою спеціальних приладів або суб'єктивно. Перелічимо симптоми несправностей системи та її елементів та способи їх виявлення.

1. *Не горять усі лампи освітлення і сигналізації.* Причина – обрив нерозгалуженої частини кола живлення (вимикач запалювання, запобіжники, провідники, з'єднання) чи замикання на масу одного з проводів живлення. Замикання реєструється за показаннями амперметра на панелі приладів. Обриви кола локалізуються послідовним шунтуванням окремих ділянок за допомогою перемички. Справність плавких запобіжників, що використовуються у бортових мережах автомобілів, перевіряється візуально чи за допомогою пробника омметра). Переріз плавкої вставки при відновленні запобіжника має вибиратися за співвідношенням $0,1 \text{ мм}^2$ на 10 А.

2. *Не горить одна чи кілька ламп.* Заміна ламп не дає результатів. Причини ті ж, що й у попередньому випадку, але обриви наявні в розгалуженій частині системи.

3. *Лампи освітлення часто перегорять.* Причини: напруга бортової мережі вище норми (вольтметр); слабе кріплення ламп у патроні (випробування). Локалізація місця несправності здійснюється відомими способами.

4. *Тьмяне світло ламп.* Причини: напруга бортової мережі нижче норми; потемніння колби лампи; забруднені розсіювачі; осипання відбивача (візуально); окислення контактів з'єднань, патрона (випробування).

5. *Миготіння ламп освітлення при працюючому ДВЗ.* Причина – динамічне порушення контакту чи замикання в колах системи. Місця несправності локалізуються відомими способами.

6. *Фари недостатньо освітлюють дорогу.* Причини: порушення регулювання фар чи їх кріплення; зміна центра мас автомобіля; зниження тиску в шинах.

7. *Періодичне самотійне відключення освітлення.* Причини: коротке замикання провідників системи на масу (вольтметр, амперметр), неправильно регульований чи несправний термобіметалевий запобіжник. Такі запобіжники перевіряються шляхом їх навантаження півторакратним значенням номінального струму. Час спрацьовування, при цьому, не повинний перевищувати 30 секунд.

8. *Не спрацьовує лампа стоп-сигналу.* Причини: несправний вимикач стоп-сигналу, шунтування чи обрив у проводці, несправна лампа (заміна), зруйнована діафрагма сигналізатора педалі гальма (шунтування).

9. *Звуковий сигнал не спрацьовує.* Причини: несправна кнопка сигналу (шунтування); перегорання запобіжника (огляд); обірване коло живлення (шунтування); неправильно регульований чи несправний сигнал.

10. *Самовільне ввімкнення звукового сигналу.* Причини: несправна кнопка сигналу, реле сигналу, замикання у проводці.

11. *Неякісне звучання сигналу (деренчання, хрипи).* Причини: ослаблення болтів кріплення сигналу і його рупорів (огляд), несправний чи зруйнований звуковий сигнал (огляд, заміна).

12. *Не спалахують лампи покажчиків поворотів.* Якщо лампи постійно не горять, то причиною може бути обрив кола, несправність вимикача чи реле поворотів (перевірити примусовим шунтуванням). Постійне горіння ламп свідчить про несправність реле поворотів.

Для локалізації несправностей у системі освітлення і сигналізації на підставі зовнішніх ознак доцільно користуватися умовними алгоритмами пошуку несправностей (діагностичними картами) рис. 3.1.2. На рисунку прийняті скорочення: КЛ – контрольна лампа; ЗП – запобіжник; ПП – покажчики поворотів; КЗ – коротке замикання. Діагноз підтверджується шляхом заміни несправного елемента. Для перевірки системи аварійної сигналізації, кіл габаритних вогнів, ліхтарів заднього ходу і стоп-сигналів використовуються аналогічні діагностичні карти, які розробляються під конкретний борт (схему системи) автомобіля.

3.1.5. Несправності системи контрольно-вимірювальних приладів

За діагностичні параметри при перевірках працездатності приладів системи контрольно-вимірювальних приладів (СВП) на борту автомобіля приймаються положення стрілок покажчиків і реакція ламп сигналізаторів на панелі приладів. Це дозволяє проводити діагностування стану системи за суб'єктивною оцінкою. Для підтвердження діагнозу і локалізації несправності використовуються найпростіші діагностичні засоби. Калібрування покажчиків і тарировка датчиків системи вимагають застосування спеціальних діагностичних приладів (див. рис. 2.3.4).

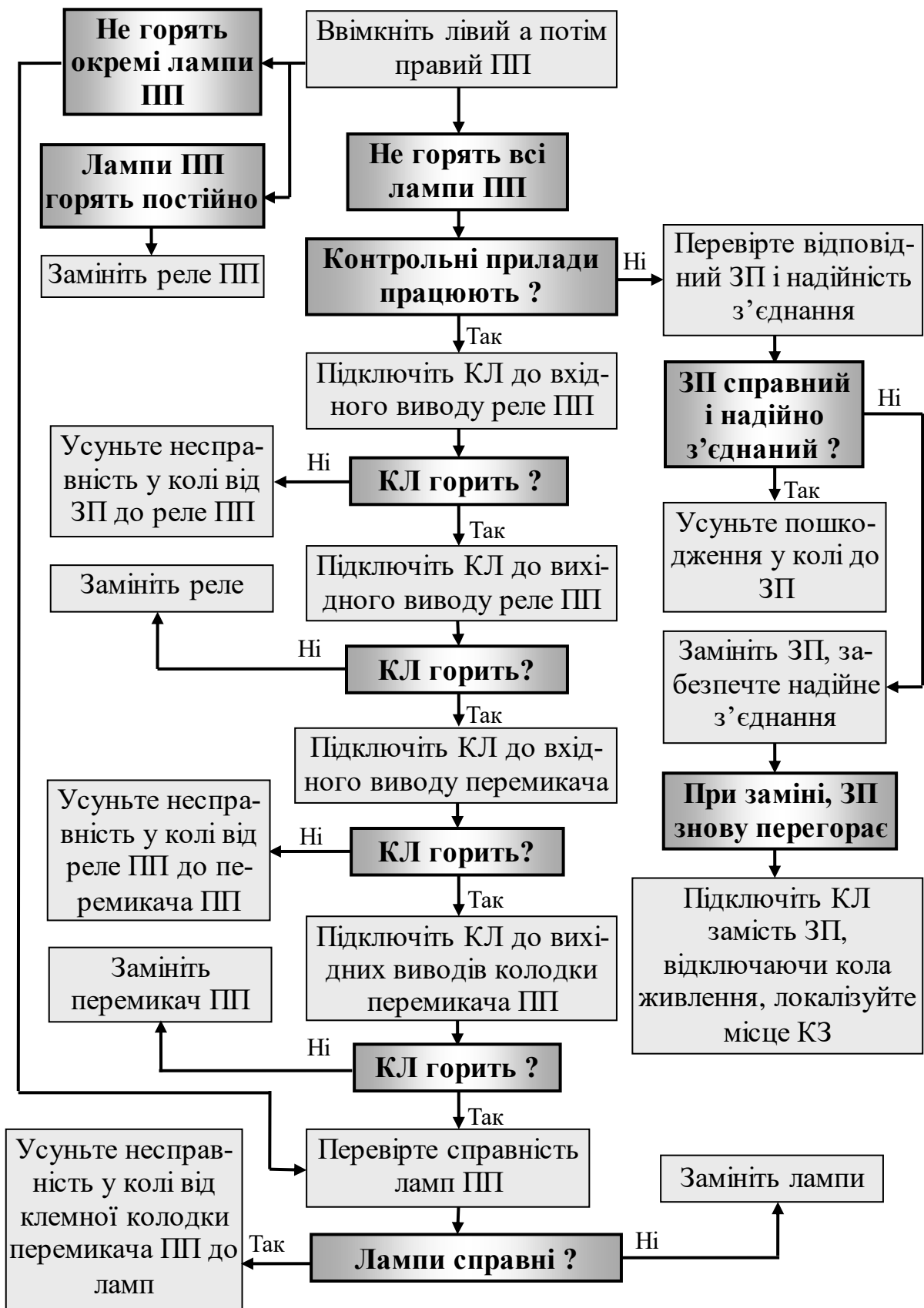


Рис. 3.1.2. Алгоритм перевірки кіл показчиків поворотів

Перелічимо симптоми несправностей, визначимо їх можливі причини і способи виявлення.

1. Не функціонують всі вимірювальні прилади (при включенні запалювання стрілки приладів нерухомі, лампи сигналізаторів не горять). Причина – відсутність живлення на приладах системи.

Якщо кола СВП живляться через один запобіжник із системою сигналізації, слід перевірити живлення включенням поворотів. Якщо покажчики поворотів не вмикаються, по чергово перевіряється напруга на потенційних клеммах «Б» покажчиків панелі приладів. Несправність кіл локалізується шунтуванням їх окремих ділянок за допомогою перемички. Наявність напруги на покажчиках і відсутність реакції їх стрілок свідчить про несправність покажчиків.

2. Неточні показання чи різкі коливання стрілки покажчика. Причини: ненадійний контакт у колах (випробування), несправні прилади (заміна).

3. Відхилення стрілки покажчика за межі шкали. На борту автомобіля як штатні можуть застосовуватися логометричні покажчики магнітоелектричного типу. Обриви чи замикання у вимірювальному колі цих приладів приводять до відхилення стрілки за межі шкали. Схеми вимірювальних систем з логометричними покажчиками показані на рис. 3.1.2.

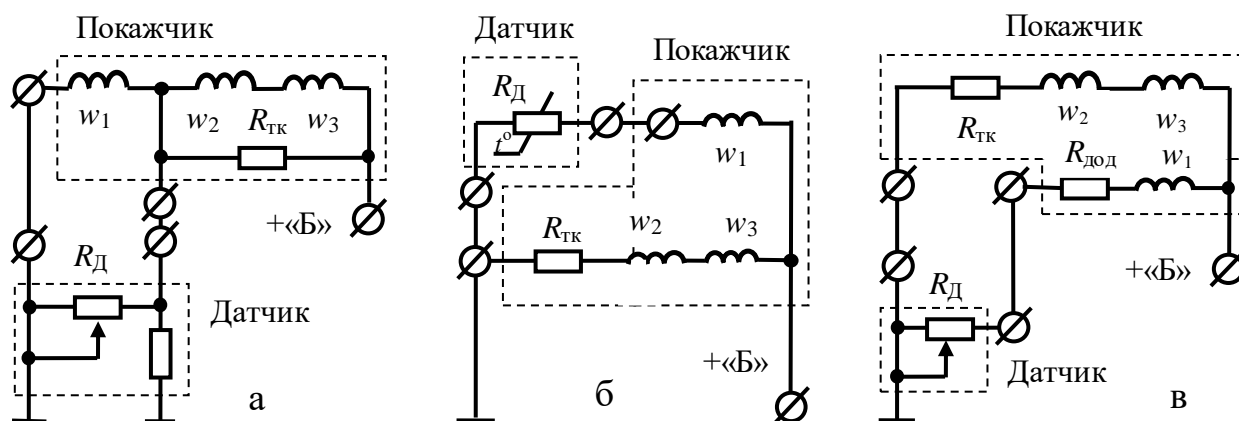


Рис. 3.1.3. Схеми вимірювальних систем з логометричними покажчиками: а – тиску мастила; б – температури охолоджуючої рідини; в – рівня палива у баку

Відхилення стрілки покажчика тиску мастила (рис. 3.1.3, а) за межі нульової відмітки свідчить про: обрив реостата датчика $R_{Д}$ чи

поганий контакт його повзунка або обрив кола котушок w_2 і w_3 , або обрив кола підключення датчика. Якщо стрілка відхилена за межі максимальних значень шкали це означає обрив кола котушки w_1 або замикання на масу проводу підключення датчика.

Відхилення стрілки показчика температури (рис. 3.1.3, б) за межі нульової відмітки свідчить про: обрив кола котушки w_1 або підключення датчика R_d . Якщо стрілка відхилена за межі максимальних значень – ймовірні обриви у колі котушок w_2 , w_3 або замикання на масу проводу підключення датчика.

Відхилення стрілки показчика рівня палива (рис. 3.1.3, в) за межі нульової відмітки свідчить про: обрив кола котушок w_2 і w_3 або замикання на масу проводу підключення датчика. Відхилення стрілки за межі максимальних значень – обриви у колі котушки w_1 або датчика R_d (проводу підключення, спіралі реостата).

Обриви провідників підключення виявляють шунтуванням їх перемичкою, а короткі замикання – почерговим відключенням провідників вимірювальних кіл. Підтвердження несправності показчиків досягають підключенням замість датчика контрольної лампи потужністю 1...3 Вт.

4. Стрілка спідометра не відхиляється під час руху автомобіля, рахунковий вузол не працює. В спідометрах магнітно-індукційного типу такий симптом вказує на поломку чи розстикування гнучкого троса приводу спідометра (випробування) або заїдання у механізмі рахункового вузла. В спідометрах з електроприводом такі ознаки виникають через розстикування рознімання підключення датчика чи обривом його провідників.

5. Різкі коливання стрілки спідометра під час руху автомобіля. Причини: зношення наконечників гнучкого троса; защемлення троса в місцях кріплення при його значних перегибах; відсутність змащення у середині оболонки приводу. У спідометрах і тахометрах з електроприводом такий симптом означає поганий контакт у колах підключення. Якщо результати огляду і випробування не дозволяють виявити несправність, необхідно замінити прилад.

Слід зазначити, що несправні прилади й апарати електрообладнання, виявлені в результаті суб'єктивного діагностування на борту автомобіля, направляються в електровідділення для їх апаратного обстеження і відновлення.

3.2 Апаратна діагностика за комплексними показниками

3.2.1. Технологія діагностування за допомогою мотор-тестера

Комплексні показники характеризують стан декількох систем (електричних та неелектричних), які пов'язані (взаємодіють) через фізичні процеси, що в них відбуваються. До таких показників автомобіля в цілому належать: потужність на колесах, приємність, гальмівні якості.

Двигун внутрішнього згоряння, у свою чергу, також являє комплекс декількох систем і характеризується комплексними показниками. Так, наприклад, в колах системи запалювання, яка входить до складу ДВЗ, електричні процеси характеризують не тільки стан електричної системи, а й газове середовище (тиск, температуру, хімічний склад) в якому відбувається електричний розряд (робочий проміжок свічі запалювання). Ці процеси непрямо характеризують стан неелектричних систем (паливного живлення, газорозподілу, ЦПГ). З іншого боку, за хімічним складом відпрацьованих газів ДВЗ можна оцінювати не тільки стан його неелектричних систем, а й стан системи запалювання, іскровий розряд, якої визначає якість згоряння паливної суміші. Для реєстрації комплексних показників застосовують комбіновані вимірювальні прилади мотор-тестери та спеціалізовані прилади – газоаналізатори.

Мотор-тестер – комбінований прилад, який виконує функції декількох діагностичних вимірювачів, спеціалізованих і спеціальних приладів (авто-тестерів, аналізаторів ДВЗ), які дозволяють проводити діагностику різних систем ДВЗ (електричних і неелектричних) без демонтажу, у робочому стані, на різних режимах.

Для проведення діагностики за допомогою мотор-тестера виконують наступні загальні операції:

- ідентифікують автомобіль, двигун, електричні системи;
- підключають (встановлюють) вимірювальні адаптери приладів мотор-тестера;
- виконують необхідні перевірки при непрацюючому ДВЗ та увімкненому запалюванні (використання режиму мультиметра);

- виконують необхідні тести на стаціонарних та динамічних режимах ДВЗ (використання режиму осцилографа);
- порівнюють отримані дані з нормованими значеннями;
- встановлюють за результатами спостережень причину несправності.

При виконанні тестових процедур треба, дотримуватись певних умов: температура й оберти двигуна повинні бути штатними для даного випробування, нештатні пристрої (споживачі потужності) повинні бути виключеними.

Типовою тестовою процедурою є збір даних двигуна на холостому ході, яка проводиться в наступній послідовності:

- вимірюють оберти холостого ходу, баланс роботи циліндрів, склад відпрацьованих газів, напругу пробою на свічі, напругу та тривалість іскрового розряду, напругу акумуляторної батареї, зарядний струм, напругу на котушці запалювання, сигнали датчиків систем керування;

- різко збільшують оберти на холостому ході (зазвичай 2500 хв^{-1}), вимірюють напругу пробою на свічі, напругу іскрового розряду, прискорення по циліндрах, склад відпрацьованих газів, визначають пропуски запалювання паливної суміші, зміну кута випередження запалювання;

- скидають оберти, визначають прискорення по циліндрах, склад відпрацьованих газів.

Під час тесту, на засобах відображення інформації мотор-тестера реєструються значення контрольованих величин і результати їхнього порівняння з нормованими рівнями. Після проведення тестів і одержання інформації електромеханік приступає до діагностики. Вразі виявлення й усунення причини несправності тести повторюють, щоб переконатися, що несправність дійсно усунена.

Мотор-тестери корисні при виявленні несправностей у паливній системі і системі запалювання, але з їхньою допомогою важко виявляти непостійні несправності в складних електронних системах. У багатьох випадках тут несправність в одній системі проявляється у вигляді симптомів в інших системах, пов'язаних з першою.

3.2.2. Локалізація несправностей системи запалювання

Електричні процеси в колах системи запалювання аналізують за допомогою автомобільного осцилографа з метою визначення технічного стану елементів системи і її монтажу. При цьому, розглядаються два етапи: порівняння рівнів сигналів з використанням послідовної розгортки («параду циліндрів» див. п.п. 2.2.3) та порівняння форми сигналів (викривлення часових функцій електричних процесів) з використанням накладеної розгортки осцилографа. На першому етапі, відслідковуються рівні напруг пробою і горіння іскри, тривалості накопичення енергії і іскрового розряду по циліндрах, на другому – аналізується деформування осцилограм відносно їх нормованої форми по кожному циліндру.

Рівень (пікове значення) напруги пробою, в першу чергу, визначається величиною зазору іскрового проміжку свічі запалювання. З цього приводу можна сказати наступне.

Коли зазор між електродами свічі менше за оптимальний, пробій відбувається при меншій напрузі. При цьому, умови для підпалювання суміші погіршуються і, як наслідок, знижуються потужнісні й паливо-економічні характеристики двигуна.

При збільшеному зазорі, навпаки, пробій відбувається при більш високій напрузі, але при цьому скорочується тривалість іскрового розряду та виникає ймовірність пробою (витоків струму) в елементах високовольтної лінії системи. Ці фактори приводять до перебоїв запалювання та неможливості запуску ДВЗ.

Якщо при нормованому зазорі свічок, спостерігається зниження рівня напруги пробою (до 4...6 кВ), це свідчить про зниження електричної міцності газового проміжку за рахунок збагачення паливної суміші у циліндрі. В такому разі, увага приділяється системі паливного живлення (карбюратору або системі упорскування). І, навпаки, підвищений рівень напруги пробою (понад 13...15 кВ) є наслідком збіднення паливної суміші. При цьому, спостерігаються зупинка ДВЗ на холостих обертах та втрата потужності на робочих режимах. Такі ж наслідки можуть бути викликані причинами електричного характеру (не повний контакт у високовольтній лінії, тріщини в кришці розподільника, пробій бігунка). Якщо напруга про-

бою перебільшена в окремих циліндрах, можливою причиною може бути підсмоктування повітря в ці циліндри.

Рівень напруги і тривалість іскрового розряду, при фіксованій потужності котушки запалювання, визначають енергію іскри та, відповідно, і якість згорання паливної суміші у циліндрі. Щоб детально проаналізувати перелічені параметри по кожному з циліндрів, збільшують масштаб на екрані мотор-тестера та використовують накладену розгортку осцилографа (див. п.п. 2.2.3).

Під час діагностування, на осцилограмах напруг по колах системи запалювання в межах одного робочого циклу, розглядають три ділянки: А – горіння іскри; В – загасання коливань; С – накопичення енергії (рис. 3.2.1).

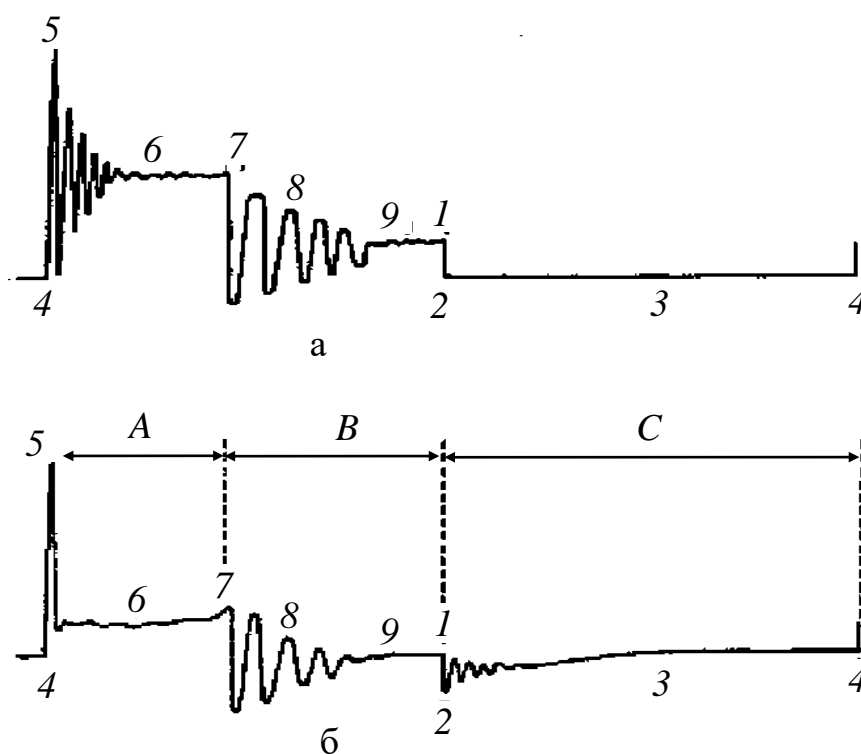


Рис. 3.2.1. Осцилограми напруг справної системи запалювання з механічним переривником: а – первинного кола; б – вторинного кола

Згідно позиціям рис. 3.2.1 протікають (розглядаються) електричні процеси за моментами (позиціями на осцилограмах):

1. Момент замикання контактів.
2. Початок накопичення енергії, зростаючий струм через первинну обмотку утворює магнітний потік в котушці запалювання.

3. Ділянка накопичення енергії характеризується часом накопичення або кутом замкнутого стану контактів (КЗСК).

4. Момент розмикання контактів переривника (припинення струму первинного кола), магнітний потік різко спадає, індукується ЕРС взаємоіндукції високої напруги у вторинній обмотці.

5. Пікове значення вторинної напруги на момент пробою іскрового проміжку свічі, початок горіння іскри.

6. Ділянка горіння іскри, характеризується значенням напруги і тривалістю іскрового розряду.

7. Момент припинення іскрового розряду за браком енергії, накопиченої в котушці запалювання.

8. Ділянка коливального процесу обміну енергією між котушкою запалювання та конденсатором первинного кола.

9. Коливальний процес затухає, струм в первинному колі припиняється.

Осцилограми первинної й вторинної напруги електронних систем запалювання (систем з транзисторним комутуючим елементом) подібні осцилограмам систем з механічним переривником. Розбіжність полягає в формі коливань на лінії іскри б первинного кола. Це пояснюється різним підключенням обмоток котушки запалювання і конденсатора первинного кола. В системах з механічним переривником обмотки підключені за автотрансформаторною схемою, а конденсатор підключено паралельно контактам переривника, утворюючи послідовний коливальний контур з первинною обмоткою котушки запалювання. В електронних системах, обмотки котушки запалювання підключені за трансформаторною схемою, а конденсатор підключено паралельно первинній обмотці, утворюючи з нею паралельний коливальний контур. Спираючись на наведену інформацію локалізують несправність системи запалювання, шляхом аналізу окремих ділянок осцилограм.

В період накопичення енергії (ділянка С) первинний сигнал (поз. 1), повинен відбуватися в певний час (на певному куті) для всіх циліндрів. Якщо це не так, слід перевірити профіль кулачкового валу механізму переривника (в електронних системах датчик кутового положення колінчастого валу і модуль керування системою запалювання).

Тривалість накопичення енергії (або КЗСК) повинні бути од-

наковими для всіх циліндрів. Занадто великі значення цих параметрів, можуть бути викликані зношенням кулачків вала та контактів переривника. При збільшенні частоти обертання колінчастого вала, тривалість накопичення енергії (або КЗСК) можуть збільшуватися, залишатися постійними, або зменшуватися, залежно від типу системи запалювання. Якщо ці параметри не відповідають нормованим характеристикам, слід шукати несправність в керуючому модулі системи запалювання, який відповідає за нормування часу накопичення енергії. На рис. 3.2.2 наведено осцилограми отримані при спостереженні характерних несправностей, які реєструються

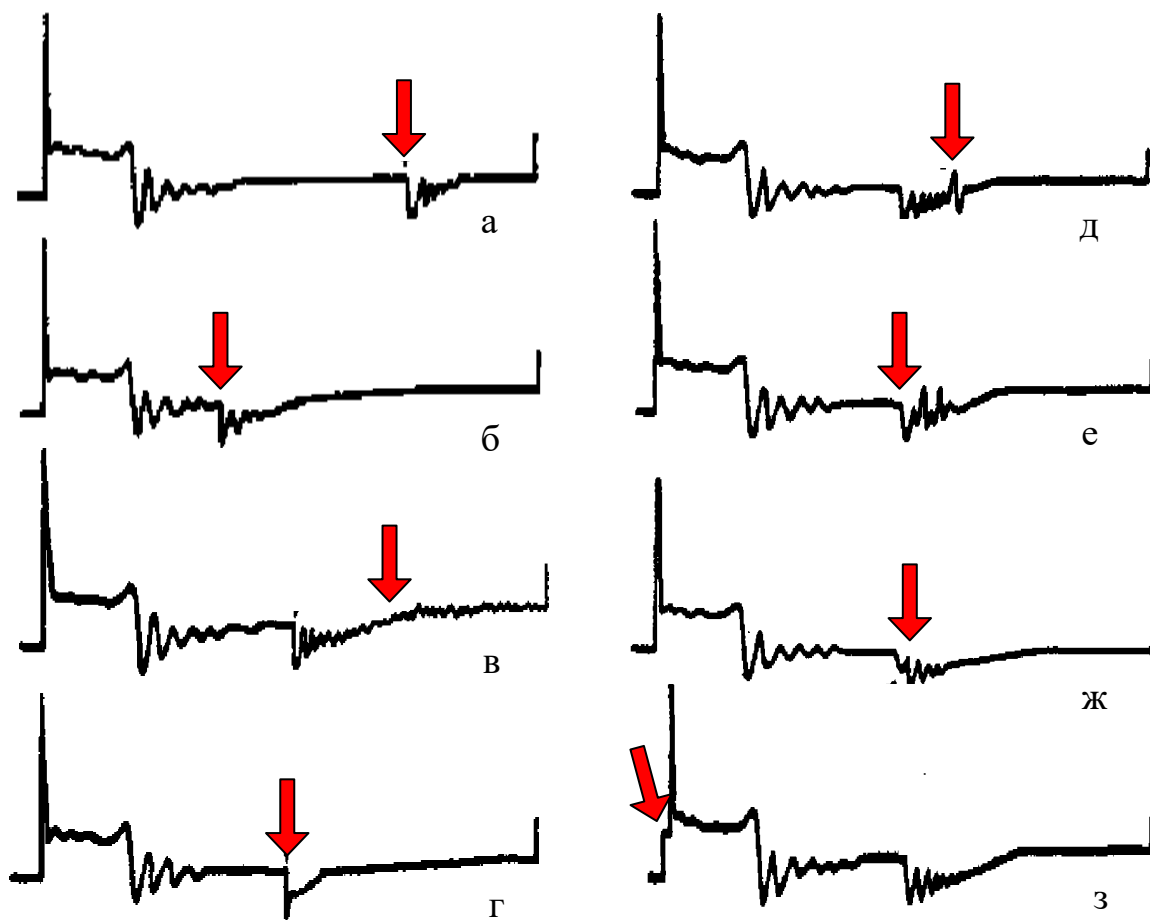


Рис 3.2.2. Викривлення осцилограми вторинної напруги на ділянці накопичення енергії, що відповідають характерним несправностям системи запалювання

Згідно позиціям рис. 3.2.2 можна прокоментувати причини порушення електричних процесів:

а, б – неправильно регульований (зношений) механізм перери-

вника (сигнал замикання контактів переривника відбувається занадто рано або пізно);

в – порушено контакт заземлення котушки запалювання (нестійка лінія замкнутого стану контактів переривника);

г – дефектна котушка запалювання або зруйновані контакти переривника (порушення згасаючого коливального процесу);

д – пошкоджена робоча поверхня кулачкового валу механізму переривника (помилковий сигнал в зоні замикання контактів);

є – забруднені або підгорілі контакти переривника, зношування кулачка переривника, або неправильне регулювання зазору контактів переривника, що викликає вібрації контактів на високих обертах ДВЗ (биття осцилограми в зоні замикання контактів переривника);

ж – контакти переривника мають надмірний опір, викликаний підгорянням. (перший викид напруги під час замикання контактів менший за другий);

з – несправний конденсатор або ненадійний контакт між конденсатором і переривником (момент підвищення вторинної напруги не співпадає з моментом переривання первинного кола).

В період горіння іскри (ділянка А) рівень напруги пробою іскрового проміжку (рис. 3.2.1, поз. 5) звичайно становить 4...8 кВ в швидкісному діапазоні двигуна. Напруга горіння іскри не повинна перевищувати 40 % допустимої напруги котушки запалювання, величина якої обумовлюється її електричною міцністю. В електронних системах, котушка запалювання вважається справною, якщо при швидкості обертання колінчастого валу 1500 хв^{-1} вона генерує напругу не менше 5 кВ і підтримує горіння іскри протягом не менше 0,85 мс.

У системах запалювання з механічним переривником, випробування котушки дозволяється проводити шляхом відключення свічкового проводу. При цьому, на екрані осцилографа буде реєструватися пікове (амплітудне) значення вторинної напруги відключеного циліндра (режим холостого ходу системи запалювання). Імпульс вторинної напруги буде відбуватися на осцилограмі в зоні горіння іскри. Амплітуда цього імпульсу перевищує амплітуду напруги пробою в 1,3...1,5 рази (коефіцієнт запасу на пробій).

Тривалість іскрового розряду та значення напруги її горіння

зворотно пов'язані через фіксовану енергію іскрового розряду. На значення цих параметрів впливають однакові дестабілізуючі фактори. Отже, рівень напруги та тривалість горіння іскри, в справній системі, повинні підтримуватися однаковими для всіх циліндрів. Якщо це не так, слід перевірити стан свічкових проводів та ідентичність свічок запалювання (типу, величини зазору, ступеню ерозії електродів). Контрольні виміри проводять на фіксованих обертах двигуна (зазвичай 2000 хв^{-1}). Під час діагностування системи запалювання доречно користуватися таблицею ознак несправностей (табл. 3.2.1).

Таблиця 3.2.1

Таблиця відхилень напруги іскрового розряду

Дестабілізуючий фактор	Відхилення напруги
Параметри кіл	
Підвищення струму у первинному колі	+
Підвищення опору первинного кола	-
Підвищення опору вторинного кола	+
Обрив вторинного кола	+
Зниження опору вторинного кола	-
Замикання на корпус вторинного кола	-
Свічі	
Збільшення робочого зазору	+
Зменшення робочого зазору	-
Підгоряння електродів	+
Загострення центрального електроду	-
Занадто гаряча свіча	-
Занадто холодна свіча	+
Момент запалювання	
Занадто пізно	+
Занадто рано	-
Паливна суміш	
Збіднена	+
Збагачена	-
Висока турбулентність у циліндрі	+
Ступінь стиску	
Завищена	+
Занижена	-

Як додаткова інформація при аналізі процесу горіння іскри розглядається характер зміни напруги горіння (форми осцилограми) при наявності несправностей. Спадна лінія горіння іскри – спостерігається при вибоках енергії вторинного кола на корпус через дефектні елементи. Висхідна лінія горіння іскри – свідчить про проблеми механічних вузлів двигуна (несправності ЦПГ та ГРМ). Надмірні коливання (мішанина) лінії іскри може бути викликана несправностями механічного або електричного походження:

- спалений клапан або зламана його пружина;
- дефектна прокладка головки блоку циліндрів;
- дефектний ковпачок свічі, свічковий провід, кришка розподільника або бігунок;
- коливання режимів роботи двигуна;
- високе розташування свічі в камері згорання.

Осцилограми вторинної напруги, які відповідають типовим несправностям, що спричиняють підвищення напруги пробою іскрового проміжку свічі показані на рис. 3.2.3.

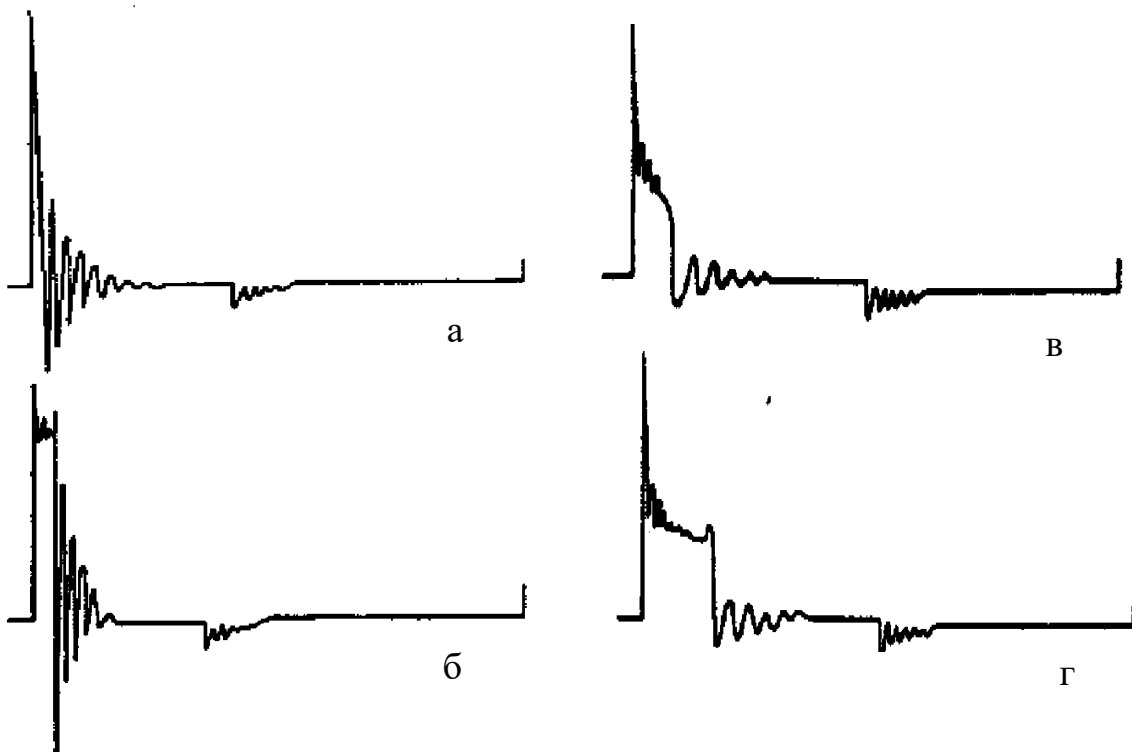


Рис 3.2.3. Викривлення осцилограми напруги на ділянці горіння, викликане значним підвищенням опору у вторинному колі

Згідно позиціям рис. 3.2.3 можна прокоментувати причини порушення електричних процесів:

а – обрив вторинного кола (ділянка горіння відсутня, амплітуда напруги вище за норму, спостерігається високовольтний коливальний процес);

б – тріщина в корпусі свічки (спостерігається горіння недостатньої тривалості, але напруга пробою й іскри вище за норму);

в – високий опір свічкового ковпачка (підвищена напруга іскри, тривалість менше за норму, спостерігається нахил лінії горіння іскри);

г – збільшений зазор між електродами свічки або контактами розподільника (напруга пробою й іскри вище за норму).

Осцилограми вторинної напруги, які відповідають типовим несправностям, що спричинюють деформування ділянки горіння показані на рис. 3.2.4.

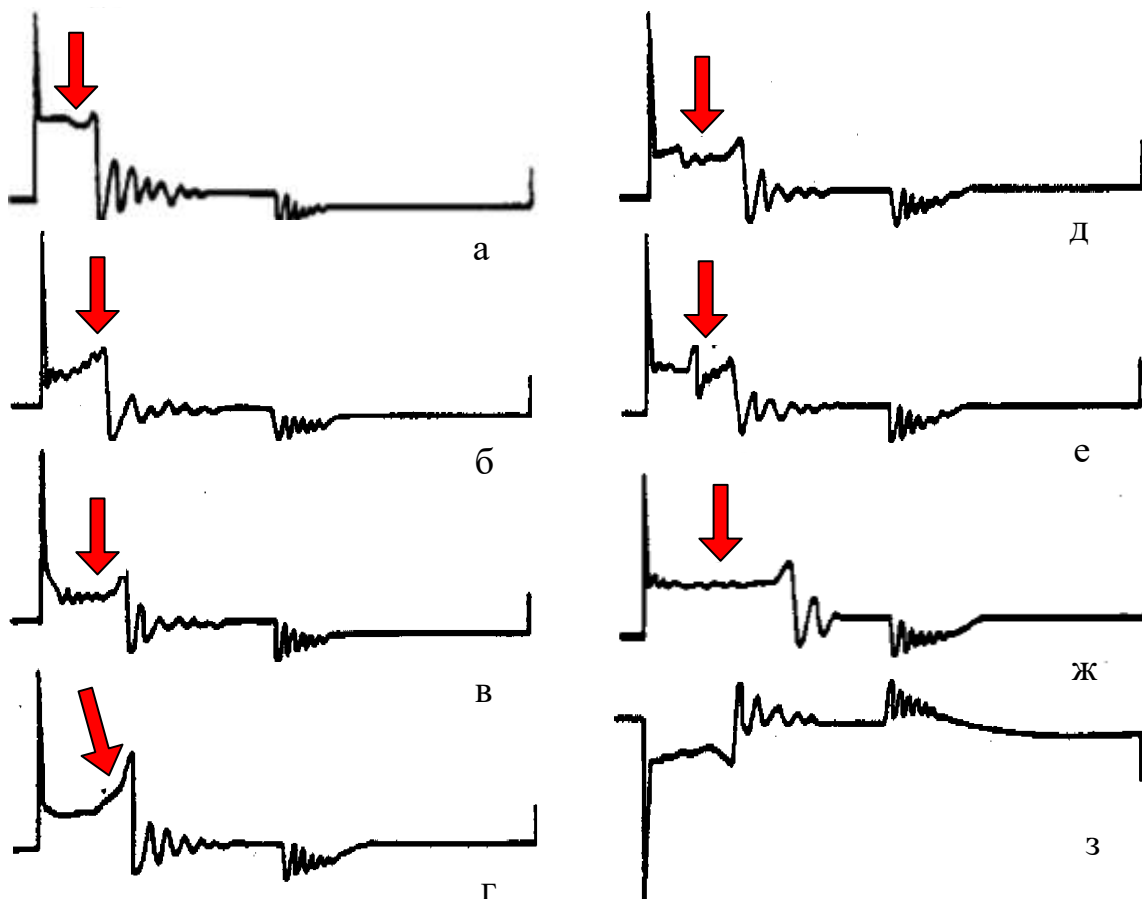


Рис 3.2.4. Викривлення осцилограми вторинної напруги на ділянці горіння, пов'язані з втратами потужності

Згідно позиціям рис. 3.2.4 можна прокоментувати причини порушення електричних процесів:

а – високий опір свічкових ковпачків або збіднена паливна суміш чи підсмоктування повітря (підвищена напруга горіння іскри);

б – збагачена паливна суміш та збільшений зазор між електродами свічок (підвищення напруги наприкінці горіння іскри);

в – збагачена паливна суміш (напруга горіння нижче норми, а тривалість іскри перебільшує норму);

г – занадто збільшений зазор між електродами свічок (підвищення напруги наприкінці горіння іскри);

д – забруднені контакти свічі, занадто низька компресія, збіднена паливна суміш (згасаюча, а потім перестартова іскра).

е – несправність кришки розподільника запалювання (перехідні процеси під час горіння іскри);

ж – забруднені контакти свічки запалювання чи занадто малий зазор між ними (підвищена тривалість іскри) або пробиває на масу високовольтний провід (додатково, напруги пробою та іскри нижче норми);

з – неправильне підключення котушки запалювання (інвертоване зображення осцилограми).

На проміжній ділянці В, коли іскра гасне (рис. 3.2.1, поз. 7), відбувається коливальний процес, який з часом згасає. Недостатня кількість коливань, при цьому, вказує на несправність котушки запалювання (наявність замкнутих витків первинної обмотки) або конденсатору (втрата ємності, поганий контакт). Типові несправності, які можуть бути виявлені на проміжній ділянці осцилограми вторинної напруги показані на рис. 3.2.5.

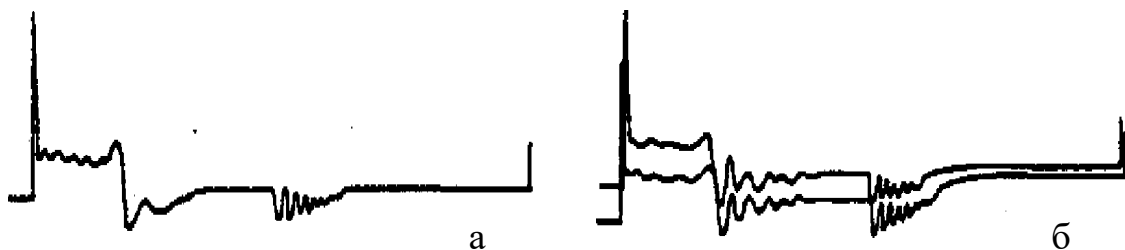


Рис 3.2.5. Викривлення осцилограми вторинної напруги на проміжній ділянці

Згідно позиціям рис. 3.2.5 можна прокоментувати причини порушення електричних процесів:

а – частково замкнуті витки котушки або несправний конденсатор (порушено коливальний процес після припинення іскри);

б – знижений опір ізоляції вторинної обмотки котушки запалювання (нестійка напруга у вторинній обмотці котушки).

Слід додати, якщо проблема спостерігається для окремих циліндрів, перевіріть підлягають свічкові ковпачки, роздавальні високовольтні проводи й кришка розподільника запалювання. Якщо проблема загальна для всіх циліндрів, перевіряють котушку і елементи первинного кола системи запалювання, центральний високовольтний провід, бігунок і центральний контакт кришки розподільника.

Якщо транспортний засіб обладнаний електронною системою запалювання, не дозволяється роз'єднувати свічкові проводи на працюючому двигуні. На транспортних засобах, обладнаних каталітичним каталізатором, допускається робота двигуна із відключеним циліндром протягом не більше 10 секунд.

3.2.3. Використання показань газоаналізатора

Аналіз складу та концентрації продуктів згоряння у відпрацьованих газах дозволяє локалізувати несправності в електричних та неелектричних системах автомобіля. Для перевірки виконання норм за токсичністю визначається зміст у вихлопних газах вуглеводню СН, окису вуглецю СО, двоокису вуглецю СО₂ і кисню О₂, окислів азоту NO_x.

Зміст СН виміряється в частинах на мільйон по обсязі (ppm, або млн⁻¹). Припустимий зміст СН для сучасних інжекторних ДВЗ повинен не перевищувати 50 ppm. Підвищений зміст СН може пояснюватися, наприклад, більшим споживанням масла через слабкі ущільнювальні кільця, поршнів. Найчастіше збільшений зміст СН викликають неполадки у системі запалювання (пропуски або мала енергія іскрового розряду, порушення оптимального кута випередження), коли незгоріле паливо починає надходити у випускний тракт. В такому разі розглядаються наступні несправності:

- забруднення свіч або не оптимальний зазор між електродами;

- несправність високовольтних проводів;
- ушкодження котушки запалювання;
- несправність кришки або ротора розподільника;
- порушення установочного кута випередження запалювання;
- несправність автоматів випередження запалювання;
- несправність датчика положення колінчастого вала;
- несправність електронного модуля запалювання.

Іншою причиною може бути робота на Perezбідненій суміші, що погано запалюється. При цьому можливі несправності систем впуску повітря та подачі палива:

- витік розрідження, наприклад, через тріщину у вакуумному шлангу;
- негерметичність впускного тракту;
- негерметичність дросельного патрубка або карбюратора;
- послаблена або зламана пружина впускного клапана ГРМ.
- несправність паливних форсунок;
- не достатній час упорскування;
- несправність датчиків температури охолоджуючої рідини або повітря;
- несправність регулятора тиску палива.

У непрогрітому двигуні умови згоряння суміші неоптимальні через конденсацію випарів палива на стінках циліндрів та підвищеного змісту СН у відпрацьованих газах. Підвищений зміст СН це ознака неповного згоряння палива, коли двигун працює з підвищеною витратою палива.

Концентрація СО вимірюється у відсотках від виділених газів. Рівень СО у відпрацьованих газах для сучасних інжекторних ДВЗ не повинен перевищувати 0,5%. Двигуни, оснащені каталітичним конвертером (каталізатором) мають досить низькі величини виділень, порядку 0,1%. Надлишок СО у відпрацьованих газах означає, що в циліндрах має місце надлишок палива або брак кисню. При цьому утворюється багата суміш і паливо згоряє не повністю. Можливі причини підвищення змісту СО такі:

- несправність систем вентиляції картера;
- засмічення повітряного фільтра;
- порушення обертів двигуна на холостому ході;
- підвищений тиск палива;

- несправності карбюратора (рівень палива в поплавковій камері, повітряні жиклери, насос-прискорювач);

- несправності системи упрскування палива (час упрскування вище за норму; несправність датчиків витрати повітря, температури, абсолютного тиску; зниження тиску початку відкриття механічних форсунок);

- неправильне регулювання клапанів ГРМ.

На відміну від СН, СО утворюється тільки в результаті згоряння. Наприклад, відсутність запалювання викличе підвищення змісту СН, але СО у відпрацьованих газах не буде. Навпаки, багата суміш є причиною підвищеного вмісту СО і СН одночасно: високий зміст СО через брак кисню під час згоряння, високий зміст СН через неповне згоряння палива.

Підвищений вміст СО і СН у вихлопних газах інжекторних ДВЗ зі зворотним зв'язком по кисню може спостерігатися при перебагачені суміші через несправності в системі запалювання. В цьому випадку, наприклад, якщо свіча забруднена, іскроутворення може не відбутися. Кисень, який не прореагував, надійде у випускний тракт, де буде прийнятий датчиком кисню, як ознака бідної суміші. Електронний блок керування видає сигнал на збагачення суміші, іскроутворення може ще більш погіршитися, а у вихлопних газах додатково збільшиться вміст СО і СН.

Вміст двоокису вуглецю CO_2 це міра ефективності процесу згоряння палива у двигуні. Рівень CO_2 у вихлопних газах інжекторних ДВЗ становить 12...17%. При стехіометричному складі паливо-повітряної суміші вміст CO_2 максимальний, в інших випадках – знижується. Високі значення свідчать про ефективну роботу двигуна (незалежно від наявності каталізатора). Низький рівень CO_2 означає, що паливна суміш багата або бідна. Щоб визначитися зі складом суміші, в такому разі, потрібно додатково враховувати показання по СО і СН. Причиною низького вмісту CO_2 може бути:

- неоптимальне регулювання суміші;

- неоптимальне регулювання кута випередження запалювання;

- засмічення повітряного фільтра;

- негерметичність випускної системи;

- порушення фаз газорозподілу;

- зниження компресії у циліндрах.

Концентрація кисню у відпрацьованих газах, вказує на кількість робочої суміші в камері згоряння у випадку, якщо відбулося повне згоряння кисню. Рівень кисню у відпрацьованих газах повинен бути низьким (2...0,5 %). Підвищена концентрація O_2 , особливо на холостому ході, спричиняється негерметичністю впускного тракту. Отже, підвищений вміст кисню у відпрацьованих газах це індикатор роботи на збідненій суміші. Слід зазначити, що негерметичність у впускному тракті також приводить до підвищеного вмісту кисню. В цьому випадку, в системах керування ДВЗ зі зворотнім зв'язком по кисню, реакція датчика на виході вихлопної системи буде формувати помилковий сигнал на збагачення суміші. Тому, перед аналізом вмісту O_2 слід переконатися в справності впускної системи. Для цього варто порівняти показання газоаналізатора на холостих обертах і для режиму 2500 хв^{-1} :

- якщо вміст кисню високий в обох випадках – впускна система справна;

- якщо на холостих обертах вміст кисню високий, а на підвищених обертах низький, швидше за все є підсмоктування повітря у впускному тракті.

Слід додати, що в системах випуску з нейтралізатором (додатковою подачею повітря), в справному тракті, буде спостерігатися низький вміст кисню на холостих обертах, та високий – на підвищених. У правильно відрегульованого двигуна з каталітичним нейтралізатором вміст O_2 приблизно дорівнює вмісту CO . Якщо вміст O_2 перевищує вміст CO і вміст CO вище за 0,5% – каталітичний нейтралізатор несправний. Причини високого вмісту O_2 такі:

- витоки в системі подачі повітря;
- витоки в системі випуску газів;
- витоки в зонді для контролю відпрацьованих газів;
- витоки в корпусі повітряного фільтра;
- занадто збіднена робоча суміш;
- пропуски запалювання.

Окисли азоту NO_x формуються при роботі двигуна під навантаженням. Тому виміри доводиться проводити на динамометричному стенді або під час руху, портативним газоаналізатором. Вміст NO_x , у відпрацьованих газах визначають за допомогою п'яти-компонентного газоаналізатора.

Справний двигун автомобіля під навантаженням повинен мати вміст NO_x у вихлопних газах меншим за 1000 ppm, на холостих обертах – меншим за 100 ppm. Утворення NO_x напряму пов'язане з температурою в камері згорання. Горіння збідненої суміші відбувається з підвищенням температури. Отже, підвищений вміст NO_x звичайно має місце, коли двигун перегрітий або паливна суміш збіднена. При підвищеному вмісті NO_x , варто перевірити: роботу клапана й цілісність патрубків у системі рециркуляції відпрацьованих газів; систему охолодження двигуна; паливну систему.

При стендових випробуваннях двигуна автомобіля на токсичність, доречно користуватися таблицями вмісту складових відпрацьованих газів відносно (+/-) їх нормативних (н) значень. В табл. 3.2.2 надано інформацію про несправності системи запалювання, що приводять до неякісного згорання палива в циліндрах ДВЗ.

Таблиця 3.2.2

Відхилення показань газоаналізатора, викликані дефектами системи запалювання

Гази	Оберти XX, хв^{-1}	1000 хв^{-1} .	2500 хв^{-1} .	Типові дефекти	Інші ознаки
CO	н	н	н	- не відрегульовані контакти переривника, - обрив ВВ проводів, - несправні свічі, - несправний конденсатор, - переплутані проводи свіч, - тріщини в кришці розподільника, - надмірний кут випередження запалювання.	- підвищена витрата палива, - нестійкі оберти XX, - втрати потужності,
HC	+	+	+		
CO ₂	-	-	-		
O ₂	+	+	+		
CO	н	н	н	- несправність (надмірний кут) автоматів випередження запалювання, - несправність переривника (перебої запалювання на високих обертах, - недостатній зазор на свічах, - несправна котушка запалювання	- підвищена витрата палива, - втрати потужності,
HC	на	н	+		
CO ₂	н	н	-		
O ₂	н	на	н		

Змістовність наведеної таблиці доводить, що показання газоаналізатора не дозволяють локалізувати несправність системи запалювання. По іншому, звуження відповідності параметр - несправність носить загальний, а не бієктивний характер (див. рис. 1.1.2). Тому, для подальшої локалізації несправності доречно використувати результати аналізу отримані за допомогою мотор-тестера (див. рис. 3.2.2...3.2.5). Для підтвердження попереднього діагнозу за комплексними показниками використовують спеціалізовані та спеціальні діагностичні прилади та вимірювальний інструмент (вимірювальний щуп, динамометр, стробоскоп, тестер запалювання, стенд перевірки елементів систем запалювання).

В табл. 3.2.2 відокремлено інформацію про несправності систем паливного живлення та впуску повітря (карбюраторних та інжекторних ДВЗ), що приводять до збагачення паливної суміші.

Таблиця 3.2.2

Відхилення показань газоаналізатора, викликані збагаченням паливно-повітряної суміші

Гази	Оберти XX, хв ⁻¹	1000 хв ⁻¹ .	2500 хв ⁻¹ .	Типові дефекти	Інші ознаки
CO	+	+	+	- несправний карбюратор (високий рівень палива, слабе кріплення кришки),	- чорний дим з вихлопної труби,
HC	н	н	н		
CO ₂	-	-	-		
O ₂	н	н	н	- засмічено повітряний фільтр, - засмічена повертаюча магістраль подачі палива, - несправний регулятор тиску палива, - несправний стартер.	- підвищена витрата палива,
CO	+	+	н	- не відрегульовано карбюратор, - несправний регулятор XX, - проблеми жиклера XX	- чорний дим з вихлопної труби, - підвищена витрата палива, - нестійкі оберти XX,
HC	+	н	н		
CO ₂	-	н	н		
CO	+	н	н	- не відрегульований XX, - послаблений жиклер XX, - несправний регулятор XX	- підвищена витрата палива, - нестійкі оберти XX,
HC	н	н	н		
CO ₂	-	н	н		
O ₂	н	н	н		

Під час локалізації несправностей з переліку наведених, використовують вимірювальні прилади у складі мотор-тестера (тахометр, витратомір палива, вимірювачі тиску палива та стуму стартера). Для підтвердження попереднього діагнозу на борту автомобіля також використовують автономні тестери тиску палива та паливного насосу (рис. 3.2.6, а, б).



а



б



в



г



д



е

Рис. 3.2.6. Зовнішній вигляд спеціальних тестерів:

а – тиску палива; б – паливного насосу; в – негерметичності; г – підсосу;
д – вакуометр; е – компресометр

Для агрегатної діагностики (регулювання) елементів системи живлення в електровідділенні використовують діагностичні стенди для перевірки карбюраторів та тестери регуляторів холостого ходу.

В табл. 3.2.3 відокремлено інформацію про несправності систем ДВЗ, які ведуть до збіднення паливної суміші та втрати компресії у циліндрах.

Відхилення показань газоаналізатора, викликані збідненням паливної суміші і втратою герметичності робочих об'ємів

Гази	Оберти XX, хв-1	1000 хв-1.	2500 хв-1.	Типові дефекти	Інші ознаки
CO	-	н	н	Збіднена суміш - не відрегульовано карбюратор, - засмічені форсунки, - підсос додаткового повітря у впускному або випускному тракті.	- нестійкі оберти XX, - недостатня приємність, - зворотне полум'я,
HC	+	н	н		
CO ₂	-	н	н		
O ₂	+	н	н		
CO	н	н	н	Втрати компресії - несправні клапани ГРМ, - зношування ЦПГ.	- низька компресія, - витрата масла.
HC	+	+	н		
CO ₂	-	-	н		
O ₂	+	+	н		

Пошук несправностей на борту автомобіля, в такому разі, проводять за допомогою мотор-тестеру або тестерів спеціального призначення (рис. 3.2.6, в, г, д, е).

3.2.4. Додаткові функції та режими сучасних мотор-тестерів

Сучасні мотор-тестери характеризуються конструктивними особливостями програмно-апаратної реалізації (портативне виконання, модульне виконання), додатковими вимірювальними функціями та режимами, розширеною базою користувача. До складу таких мотор-тестерів входять аналізатори ДВЗ та прилади для діагностування мікропроцесорних систем керування: діагностичний сканер, тестер запалювання, імітатор сигналів датчиків, драйвери виконавчих пристроїв, діагностичний конектор, адаптер підключення до бортового комп'ютера.

В традиційних вимірювачах комбінованого приладу використовуються розширені режими цифрового багатоканального мультиметра та запам'ятовуючого багатоканального осцилографа. В таких осцилографах передбачено: автоматичне настроювання параметрів

розгортки та підсилення сигналу, реєстрацію максимальних рівнів сигналу в цифровому та квазі-аналоговому (бар-грами) вигляді, запис та зберігання даних (кадрів), передачу даних на комп'ютер.

Комп'ютерна база мотор-тестера дозволяє використовувати програмні продукти для автоматизації процедури діагностування (тестування, вимірювання, обробки та модифікації інформації, яка виводиться на монітор) та програмно-інформаційні пристрої (інформаційні картриджі, інтегровані програмні картки, інформаційні системи). До того ж комп'ютерний зв'язок забезпечує доступ до автомобільних баз даних Інтернету).

Аналізатор ДВЗ у складі мотор тестера поряд з реєстрацією процесів системи запалювання забезпечує проведення тестів (вимірювання відносної компресії та ефективності роботи циліндрів, пробивної напруги протягом часу руху автомобіля у вигляді гістограм) та систем пуску і електропостачання (вимірювання параметрів АКБ в режимі пуску, безконтактне вимірювання струму стартера, перевірку генератора та регулятора напруги за вихідним параметрами. На монітор аналізатору також виводиться інформація про склад відпрацьованих газів (інтегрований газоаналізатор) та розраховане співвідношення повітря/паливо. Після обробки інформації, експертна система аналізатора формує повідомлення про можливі несправності двигуна.

До набору адаптерів підключення, сучасного мотор-тестера додаються вимірювальні адаптери (безконтактний датчик струму, датчик температури мастила, датчик розрідження у впускному колекторі і т.д.).

Ідентифікація, типу двигуна й трансмісії та систем керування, які застосовані на автомобілі визначеної моделі здійснюється автоматично через рознімання бортового комп'ютера.

3.3. Агрегатна діагностика електричних пристроїв

3.3.1. Діагностування стартерних АКБ

Агрегатна діагностика електричних пристроїв, знятих з автомобіля, зазвичай, проводиться в електровідділенні. Електровідділення АТП або СТО поділяється на окремі приміщення (секції, дільни-

ці): акумуляторну, діагностичного устаткування, відновлення електронних блоків. Під час проведення технічного обслуговування електрообладнання автомобілів найбільша увага приділяється підтримці справного стану АКБ.

Вихідними діагностичними параметрами АКБ є напруга на її клеммах під навантаженням, стартова потужність і розрядна ємність батареї. Для оцінки технічного стану АКБ застосовуються різні методи діагностування: зовнішній огляд, вимірювання щільності і рівня електроліту, вимірювання напруги на банках акумулятора, проведення контрольних розрядів, зняття розрядних характеристик. Перераховані методи застосовуються в комплексі, уточнюють і доповнюють один одного.

Зовнішній огляд дозволяє виявити цілий ряд несправностей АКБ: окислення зовнішніх виводів, тріщини в мастиці і кришках, сульфітацію і руйнування пластин, знижений рівень електроліту. При візуальному контролі під час заряду справної АКБ має спостерігатися однакова інтенсивність газоутворення у всіх банках батареї. Якщо це не так, АКБ несправна. Результати зовнішнього огляду і контролю заряду дозволяють зробити якісну оцінку стану АКБ. Кількісна оцінка параметрів робиться апаратними методами.

Вимірювання щільності електроліту в банках АКБ роблять за допомогою денсиметра (ареометра). Така перевірка дозволяє непрямо оцінити ступінь розряду акумуляторів (табл. 3.3.1).

Таблиця 3.3.1

Нормативні значення щільності електроліту

Кліматична зона експлуатації	Пора року	Щільність номінальна, г/см ³	Розрядженість, г/см ³	
			25%	50%
Холодні райони	Взимку	1,31	1,27	1,23
	Влітку	1,27	1,23	1,19
Середня смуга	Протягом року	1,29	1,25	1,21
Південні райони	Протягом року	1,25	1,21	1,17

За результатами вимірювання щільності АКБ автомобілів, розряджені більш ніж на 25% узимку і на 50% улітку, направляються на дозарядження. Розрядження справної АКБ під час її експлуатації

відбувається в наслідок порушення зарядного балансу АКБ. При цьому відбувається глибокий розряд акумуляторів, що може привести до незворотних процесів і руйнуванню АКБ. За значенням щільності електроліту γ можна непрямо визначити величину електрорушійної сили (ЕРС), яка утворюється кожним акумулятором батареї, за емпіричною формулою

$$E = 0,84 + \gamma.$$

Якщо дійсна напруга АКБ, що виміряна вольтметром, виявиться нижчою за розрахункову, це свідчить про несправність АКБ (осипання активної маси, коротко замкнуті пластини різної полярності).

В АКБ, які не обслуговуються, на верхній кришці розташовано вбудований ареометр індикаторного типу. Зелений колір індикатора свідчить про нормальний рівень електроліту в банках батареї і про її заряд вище 65%. Чорний – вказує на не дозарядження АКБ (нижче 65%) при нормальному рівні електроліту в банках. Світлий – на низький рівень електроліту.

Вимірювання напруги на банках АКБ під навантаженням виконують за допомогою навантажувальної вилки (див. рис. 2.3.2, в). Напруга на клеммах акумуляторів зарядженої батареї має становити не менше 1,8 В протягом 5-ти секунд процесу вимірювання. Слід зауважити, що для адекватної оцінки стану АКБ, при такому тестуванні, треба забезпечити певне значення струму розряду (підібрати відповідний опір навантаження вилки). Різниця напруг на клеммах окремих акумуляторів батареї не повинна перевищувати 0,2 В. При більшій різниці напруг в експлуатаційних умовах відбувається інверсний заряд окремих банок і напруга АКБ різко знижується.

Контрольний розряд АКБ роблять з метою визначення її фактичної ємності. Для цього повністю заряджають АКБ і розряджають її струмом, що складає 10% від номінальної ємності батареї. Розряд припиняють, коли на клеммах найгіршої банки напруга знизиться до 1,7 В (на всій АКБ до 10,2 В). За часом контрольного розряду судять про стан АКБ. Для справних АКБ (що мають ємність, близьку до номінальної) цей час має бути не менше 7,5 год. при щільності електроліту $\gamma = 1,29 \text{ г/см}^3$; 6,5 год. при $\gamma = 1,27 \text{ г/см}^3$; 5,5 год. при

$\gamma = 1,25 \text{ г/см}^3$. Справні АКБ після контрольного розряду заряджають і направляють в експлуатацію чи на збереження, а несправні – у ремонт або на утилізацію.

Для точного визначення фактичної ємності АКБ проводять двадцятигодинний їх розряд (згідно зі стандартом). Для цього заряджену АКБ номінальної ємності C_{20} розряджають стабільним струмом $I_p = C_{20}/20$, реєструючи при цьому час розряду t_p (на момент зниженні напруги на банку до 1,7 В). Фактична розрядна ємність АКБ за результатами вимірювань визначається за формулою $C = I_p t_p$.

Оперативне визначення ємності і стартової потужності АКБ при короткочасному розряді можливо тільки при значному її навантаженні. При цьому реєструється динаміка спаду напруги на клеммах АКБ. Для реалізації таких методів екстреної діагностики використовуються мікропроцесорні тестери АКБ, які базуються на потужних стабілізаторах струму з цифровими вимірювачами поточних значень напруги (див. рис. 2.3.16).

3.3.2. Діагностування і регулювання електростартерів

Вихідними діагностичними параметрами електростартера є: споживаний струм $I_{ХХ}$ і частота обертання привода $n_{ХХ}$, які вимірюються на режимі холостого ходу; струм якоря $I_{ПГ}$ і момент, $M_{ПГ}$ – у режимі повного гальмування. Вимірювання цих параметрів виконується на стаціонарних випробувальних стендах (див. рис. 2.3.12) або стендах комплексних перевірок (див. рис. 2.3.14). Процес діагностування стартера на стенді полягає у порівнянні вимірюваних значень параметрів (показання амперметра, тахометра, вимірювача моменту) з паспортними характеристиками стартера.

Збільшення сили струму $I_{ХХ}$ і зменшення частоти обертання $n_{ХХ}$ у порівнянні з паспортними даними свідчить про несправності пов'язані з механічними та електричними втратами: ослаблення кріплення кришок, що викликає перекіс валу якоря; вигин валу; замикання пластин колектору вугільним пилом щіток, що зношуються. Підтвердження діагнозу одержують при розбиранні стартера, зовнішньому огляді і випробуванні.

Надлишкова сила струму $I_{ПГ}$ і менший крутний момент $M_{ПГ}$ спостерігаються при замиканнях в електричних колах: провідників

обмотки якоря між собою чи на корпус, між витками в котушках обмотки збудження, пластин колектору між собою, ізолюваних щіткотримачів на корпус.

Недостатній момент $M_{\text{ПГ}}$ і недостатня сила струму $I_{\text{ПГ}}$ свідчать про підвищення опору електричних кіл і можуть бути викликані зависанням чи зношенням щіток, окисленням чи замастлюванням колектору, послабленням притискних пружин щіткотримачів, окисленням чи корозією поверхонь силових контактів тягового реле.

На випробувальному стенді також перевіряють муфту вільного ходу на пробуксовку при повному гальмуванні шестірні стартера.

Несправності пов'язані з порушенням електричних кіл обмоток виявляються (підтверджуються) за допомогою діагностичних приладів. Обриви і замикання на корпус обмоток стартера виявляють продзвінкою кіл пробником або омметром. Замикання між витками обмоток тягового реле визначають вимірюванням опору обмоток і порівнянням вимірюваних значень з паспортними даними (омметр). Для виявлення замикань між провідниками якірної обмотки або пластинами колектору використовують спеціалізовані дефектоскопи типу ППЯ (див. рис. 2.3.15, а).

Після розбирання стартера перевіряються його структурні параметри. Зношення щіток колекторного вузла не повинно перевищувати 40% від початкових розмірів, які обумовлені нормативними документами. Тиск притискних пружин щіток визначається за допомогою динамометра. Зусилля відриву щітки від поверхні колектору для стартерів різних конструкцій складає 0,75...2,0 кгс. Осьовий люфт валу якоря не повинен перевищувати 0,7...1,0 мм (залежно від конструкції механізму приводу). Надмірний люфт усувається установкою шайб між передньою кришкою і упорним кільцем. Хід шестірні привода і стан пружини, яка повертає механізм приводу в початковий стан, перевіряють примусовим переміщенням шестірні уздовж осі, спостерігаючи її вільне повернення (випробування).

Зношення підшипників кріплення валу визначають за радіальним люфтом (випробуванням). Зовнішньою ознакою значного зносу підшипників стартера в зібраному стані є ускладнене його прокручування. Після виявлення й усунення перелічених дефектів стартер збирають і регулюють.

Регулювання стартера полягає в узгодженні моментів зачеплення шестірні із зубцями маховика і замикання силових контактів тягового реле. Положення шестірні нормується двома установочними розмірами – у початковому положенні (розмір «А») і в кінцевому положенні шестірні на момент замикання силових контактів (виліт шестерні, розмір «В»). Установочні розміри і способи їх регулювання для стартерів різної конструкції показані на рис. 3.3.1.

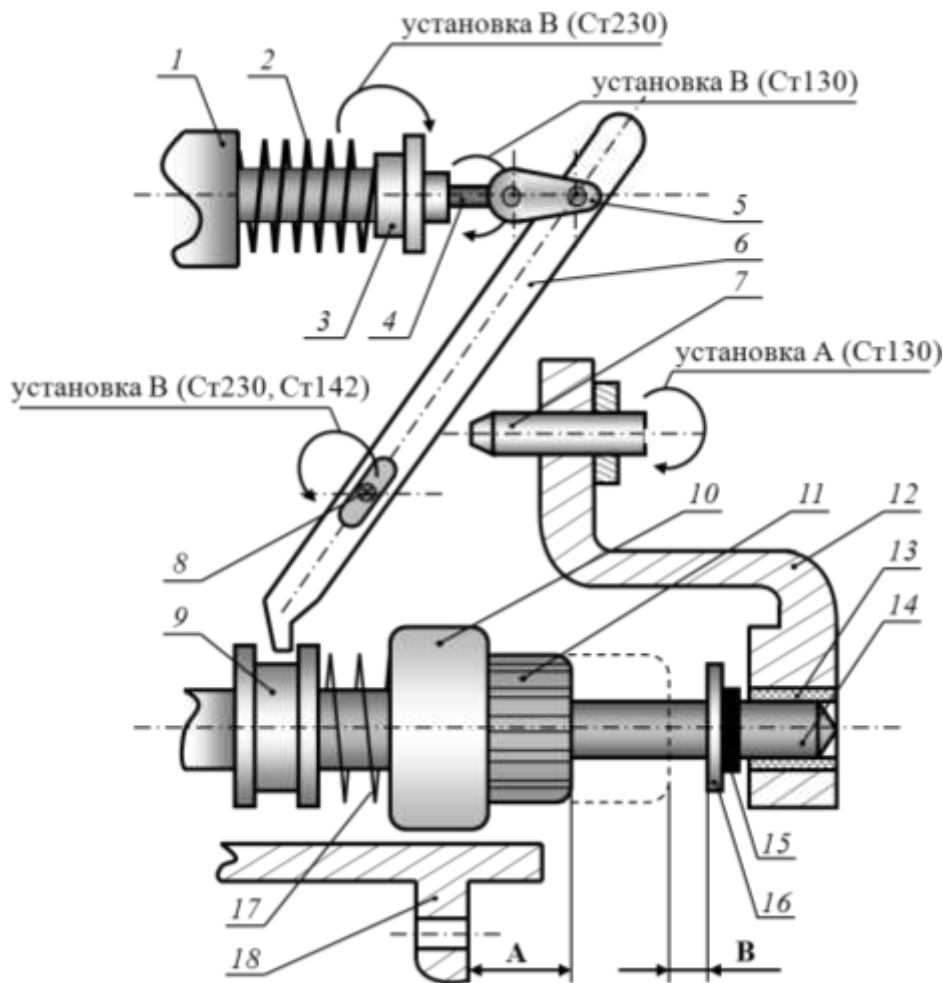


Рис. 3.3.1. Схема виконання операцій регулювання стартерів

Згідно позиціям рис.3.3.1 позначено: 1 – тягове реле; 2 – пружина, яка повертає якір реле; 3 – регульовальна гайка; 4 – регульовальний шток; 5 – серга; 6 – важіль приводу; 7 – регульовальний гвинт; 8 – регульовальний ексцентрик; 9 – повідкова муфта; 10 – муфта вільного ходу; 11 – шестерня приводу; 12 – передня кришка; 13 – підшипник; 14 – вал електродвигуна; 15 – прокладка; 16 – упорна шай-

ба; 17 – буферна пружина; 18 – фланцевий відлив з установочним отвором.

Нормовані значення установочних розмірів, залежно від типу стартера, становлять: $A = 32 \dots 45,9$ мм, $B = 1 \dots 4,9$ мм. Для окремих типів стартерів (СТ221) регулювання привода не виконується.

Момент замикання силових контактів тягового реле за установочним розміром «В» реєструється за допомогою контрольної лампочки. Після замикання силових контактів відбувається подальший поступальний рух шестірні в межах стиску пружини контактного диска (відстань до упорної шайби).

3.3.3. Методи діагностування автомобільних генераторів

Автомобільні генератори діагностуються декількома методами. Вибір методу діагностування визначається умовами проведення діагностичних операцій, наявністю діагностичного устаткування і глибиною локалізації несправності.

Постановка діагнозу про стан генератора може здійснюватися за вихідними діагностичними параметрами. У цьому разі генератор діагностується в зібраному робочому стані. Як привод обертання при цьому може використовуватися ДВЗ автомобіля (бортова діагностика) чи електродвигун діагностичного стенда (агрегатна діагностика).

Діагностування зібраного генератора в електровідділенні (підтвердження попереднього діагнозу про несправність) виконується на випробувальних стендах (див. рис. 2.3.12, рис. 2.3.14), який забезпечує (імітує) режими й умови борта автомобіля. Обмотка збудження підключається до постійної напруги $U_{\text{АКБ}}$ з контролем струму через неї. Електропривод стенду забезпечує необхідну частоту обертання ротора генератора (контролюється тахометром). Напруга, що виробляється генератором $U_{\text{Г}}$ (вихідний ДП), вимірюється на обертах холостого ходу генератора $n_{\text{ХГ}}$ при відключеному навантаженні. Одержані значення порівнюють з паспортними даними.

Якщо напруга, виміряна на режимі холостого ходу, нижче паспортного значення, або відсутня – генератор несправний. При задовільному значенні напруги продовжують випробування на номінальному режимі. Для цього встановлюють номінальні оберти гене-

ратора $n_{\text{НГ}}$ і забезпечують номінальний струм віддачі $I_{\text{НГ}}$ шляхом підключення реостатів навантаження. Якщо напруга, виміряна в номінальному режимі, нижче паспортного значення – генератор несправний.

Локалізація несправностей електричних кіл (обриви, замикання) зібраного генератора здійснюється способом осцилографування форми вихідної напруги на приводному стенді або безмоторним методом аналізу кругових осцилограм при послідовному повертанні ротора генератора (див. п.п. 2.2.3).

Конструкція більшості типів генераторів дозволяє перевіряти стан вентилів випрямляча за допомогою омметра, не розбираючи генератора (через отвори в задній кришці).

Під час проведення ТО-2, діагностування генераторів виконується при їх частковому розбиранні. При цьому перевіряється стан щіткового вузла і контактних кілець. Щітки мають вільно переміщатися в щіткотримачах. Допускається зношення щіток до висоти не менш 8 мм. Нормативні значення тиску щітки на кільце вказуються в технічних характеристиках генератора і перевіряється наступним чином. Вилучають з конструкції генератора блок щіткотримача, виймають з нього одну щітку, а другою натискають на ваги таким чином, щоб вона виступала над рівнем тримача на 2 мм. Тиск, що реєструється при цьому вагами, складає 140...440 гс залежно від типу генератора.

Обриви і замикання обмоток генератора на корпус виявляють за допомогою пробника або омметра. Стан обмотки збудження визначають шляхом вимірювання її опору і порівняння одержаних значень з паспортними даними. Для різних типів генераторів опір обмоток збудження становить 2,7...16 Ом. Витки якірних обмоток які замкнені між собою виявляють за допомогою дефектоскопів типу ПДО-1 при повному відключенні виводів обмоток від зовнішніх кіл (випрямляча).

Перевірка вентилів випрямляча полягає у вимірюванні їх електричного опору в прямому і зворотному напрямках за допомогою омметра чи пробника (див. п.п. 2.2.4) без вилучення їх з моноблоку радіатора.

3.3.4. Несправності апаратів запалювання і способи їх виявлення

Діагностування апаратів запалювання знятих з автомобіля проводиться на спеціальному стенді типу СПЗ (див. рис. 2.3.13) і за допомогою спеціалізованих приладів (див. рис. 2.3.15, б). Щоб ефективно локалізувати несправності апаратів запалювання, необхідно знати перелік можливих пошкоджень, причини їх виникнення й ознаки прояву. Обмежимося розгляданням апаратів контактної системи запалювання: переривника-розподільника, котушки запалювання і свічок запалювання. Переривник-розподільник включає п'ять функціональних вузлів: переривник, розподільник, відцентровий автомат випередження запалювання, вакуум-коректор і октан-коректор. До експлуатаційних несправностей переривника відносять дефекти, які викликають зниження вторинної напруги, перебої іскри і порушення моменту запалювання:

- зношення підшипників валика приводу кулачка приводить до биття кулачка, зміни моменту розмикання (кута запалювання) і величини зазору між контактами переривника (кута замкненого стану контактів). Діагноз підтверджується випробуванням люфту;

- заїдання важільця переривника на осі через корозію і засмічення з'єднаних поверхонь (візуально, випробуванням);

- зношення текстолітової втулки або осі важільця (візуально, випробуванням). Спричиняє вібрацію важільця на осі, приводить до перебоїв іскроутворення;

- нерівномірне зношення профілю кулачка. Призводить до порушення такту підпалу суміші і перебоям у роботі ДВЗ. Спостерігається на стробоскопічному диску стенда СПЗ як неоднаковий кут замкненого стану контактів;

- обрив провідника між рухомим і нерухомим дисками (визначається візуально). Призводить до порушення надійності кола переривника (струм проходить тільки через підшипник між дисками). Ненадійний контакт викликає перебої іскроутворення і роботи ДВЗ;

- втрата пружності пружини переривника призводить до відскоків важільця в процесі комутації й викликає перебої іскроутворення. Нормоване зусилля тиску пружини перевіряється за допомогою динамометра на момент примусового розмикання контактів (розмикання реєструється пробником);

- замащення, окислення і корозія контактних поверхонь переривника викликає зниження струму і, як наслідок, вторинної напруги й енергії іскри. Стан контактів контролюється за падінням на них напруги, яке не повинно перевищувати 0,1 В в статичному режимі (стенд СПЗ, вольтметр);

- порушення оптимального зазору між контактами переривника виникає через знос подушечки важільця (візуально) чи в результаті розрегулювання механізму переривника. Викликає інтенсивне дугоутворення на контактах, зменшення кута замкненого стану і вібрацію контактів. Призводить до зниження вторинної напруги й енергії іскри. Вимірювання величини зазору виконується за допомогою каліброваних щупів чи оцінюється за кутом замкненого стану контактів (стенд СПЗ, пробник). Регулювання зазору здійснюється за допомогою регулювального гвинта з ексцентричною голівкою.

Стан розподільника (кришки, бігунка) оцінюється візуально або шляхом випробування на стенді СПЗ у робочому режимі без навантаження системи (іскрові пробої на поверхні елементів, перебої іскри на розрядниках). Причинами несправності розподільника є: механічні ушкодження (тріщини) чи забруднення його елементів, руйнування вугільного електрода центрального виводу, поломка пружини вугільного електрода (візуально), несправність резистора бігунка (омметр).

Стан відцентрового автомата випередження запалювання оцінюють на стенді СПЗ. Для цього знімають характеристики автомата випередження в робочому діапазоні частот обертання (порівняння з довідковими даними). Якщо характеристика не задовольняє паспортним даним, автомат випробовується таким чином. Знімають кришку розподільника, загальмовують вал ротора, вручну повертають кулачок переривника за ходом робочого обертання ротора в межах прорізів повідкової пластини. Відсутність пружного опору при повертанні кулачка вказує на обрив чи послаблення пружини, ускладнене повертання – на засмічення чи корозію робочих поверхонь механізму автомата.

Перевірка стану вакуум-коректора також виконується за допомогою стенда СПЗ на стаціонарному швидкісному режимі. Занижений кут випередження запалювання свідчить про втрату герметичності вакуумної камери (ушкодження трубки, слабке затягнення

штуцера, ушкодження діафрагми) або заїдання підшипника рухомого диска переривника. Завищений кут випередження спричиняється ослабленням пружності пружини діафрагми. Підтвердження діагнозу одержують за результатами зовнішнього огляду і випробування (примусовим переміщенням тяги коректора). Елементи октанкоректора зносу не піддаються, і діагностування його стану не проводиться.

Для підтвердження діагнозу про несправність котушки запалювання та визначення причин її пошкодження проводять вимірювання опорів обмоток котушки, порівнюючи їх з паспортними даними та перевіряють відсутність замикання її обмоток на корпус (омметр) і електричну міцність ізоляції вторинної обмотки (мегомметр). Частковий ремонт котушки класичної системи запалювання полягає тільки в заміні варіатора, який конструктивно поєднаний з котушкою.

Під час перевірки стану свічок запалювання значна увага приділяється їх зовнішньому вигляду (див табл. 3.1.2). Інструментальна діагностика свічок запалювання полягає у контролі регламентованого зазору між електродами свічки (каліброваних щупи). Герметичність свічки, якість ізоляції та іскроутворення під тиском перевіряється спеціальним приладом Э-203-П (див. рис. 2.3.15, б).

Для перевірки герметичності, свічу, яка перевіряється, встановлюють в посадочний отвір та вмонтованим насосом забезпечують тиск в корпусі приладу, спостерігаючи за показаннями манометру. Інтенсивне спадання тиску, в такому разі, свідчить про механічні пошкодження в корпусі свічі. Якщо свіча герметична (підтримується нормоване значення тиску), перевіряють якість її ізоляції та іскроутворення під тиском. Для цього підключають встановлену свічу до високовольтного виводу приладу, забезпечують тиск, вмикають перетворювач високої напруги, спостерігають за іскроутворенням на електродах свічі через отвір-ілюмінатор. Про несправність свічі свідчать: слабка іскра, перебої іскроутворення, пробої (розряди) по корпусу та тепловому конусу свічі.

3.3.5. Діагностування і регулювання електромагнітних реле

В системах електрообладнання АТЗ використовуються електромагніти різного призначення: реле-регулятори (РР); реле включення стартера (РС); реле поворотів (РП); контактні-вібраційні звукові сигнали (ЗС) і реле їхнього включення (РЗС); реле включення контрольної лампи заряду (РЛ) й ін.

Перелічені реле мають однаковий принцип дії, й тому кожне з них включає схожі конструктивні елементи (котушка, сердечник, якірець, контактна пара, пружний елемент). Вони визначають характерні несправності, що виникають у процесі експлуатації реле (окислювання і ерозія робочих поверхонь контактних пар, розрегулювання робочих зазорів, обриви і замикання обмоток), способи їх виявлення й усунення. Конструктивні особливості реле різного призначення в основному визначаються режимом їх роботи і величиною структурних діагностичних параметрів (табл. 3.3.3).

Таблиця 3.3.3

Технічні характеристики автомобільних електромагнітних реле

Призначення	РР	РС	РЛ	РП	РЗС	ЗС
Тип	РР-380	РС-507	РС-702	РС-57	РС-503	С-302
Режим роботи	Вібраційний	Коротко-часний	Коротко-часний	Циклічний	Коротко-часний	Вібраційний
Пружний елемент	Пружина	Пружина	Пластина	Струна	Пружина	Мембрана
Зазор якір – сердечник, мм	1,4...1,5	0,5...0,6	0,3...0,4	–	1,0...1,2	0,7...0,8
Зазор між конт., мм	0,4...0,5	0,4...0,5	–	0,3...0,4	0,4...0,7	0,4...0,7
Напруга спрацьовування, В	13,6	6,0...9,0	5,0...5,7	12,0	6,0 – 8,0	0,4...0,7
Напруга повернення, В	13,2	4,0...6,0	3,7...5,0	–	–	–

Перевірка працездатності й оцінка параметрів реле виконується на спеціальних стендах типу (див. рис. 2.3.12), стендах комплек-

сного діагностування (див. рис. 2.3.14) або за допомогою найпростіших приладів, включених у вимірювальні кола (рис. 3.3.3).

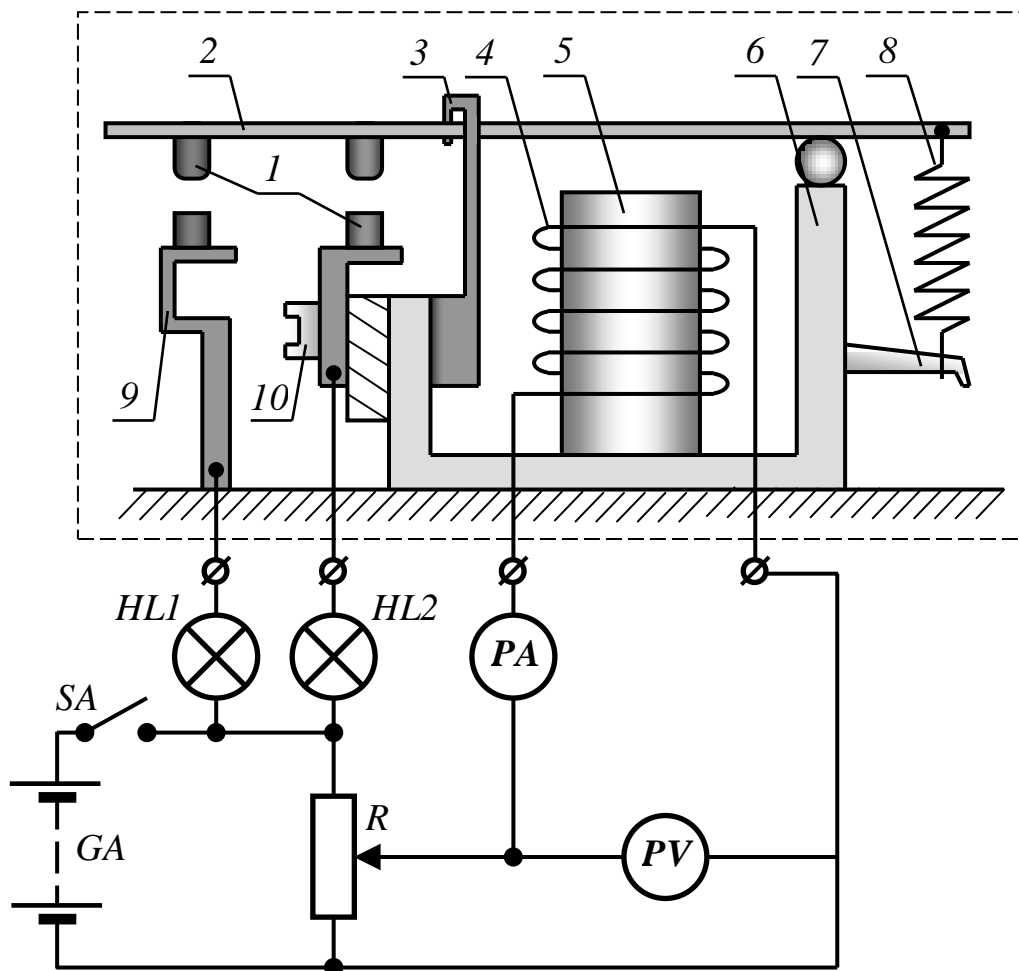


Рис. 3.3.3. Схема перевірки і регулювання електромагнітного реле:
 1 – контактні пари; 2 – якірець; 3 – обмежувальна планка; 4 – обмотка;
 5 – сердечник; 6 – ярмо; 7 – кронштейн регулювання опору пружини;
 8 – пружина; 9 – кронштейн контакту; 10 – юстировочний гвинт

Локалізація несправності непрацездатних реле починається з перевірки електричних кіл омметром і візуального огляду можливих місць пошкоджень. Працездатні реле перевіряють за нормованими параметрами (див. табл. 3.3.3) та при необхідності регулюють. Регулювання полягає в установці напруги спрацьовування за рахунок зміни опору пружного елемента 8 (опорного рівня) шляхом підгинання кронштейнів 7 чи обертання регулювальних гвинтів. Напруга повернення регулюється шляхом зміни зазору сердечник – якірець підгинанням обмежувальних планок 3 або за рахунок дефо-

рмації якірця 2. При необхідності виконується юстировка контактних пар і очищення контактних поверхонь. Юстировка полягає в установці контактних поверхонь паралельно одна одній з співвіднесеним їх розташуванням (деформування кронштейнів 9, регулювальні гвинти 10). Нормовані робочі зазори перевіряють за допомогою каліброваних щупів.

Крім перерахованих операцій загального характеру, при діагностуванні реле, перевірки додатково підлягають параметри характерні для реле конкретного призначення. У регуляторах напруги вимірюються опори додаткових резисторів. У реле включення стартера необхідно додатково перевіряти послідовність замикання контактних пар, комутуючих коло керування стартером, і коло шунтування додаткового резистора системи запалювання. У реле контролю заряду контакти знаходяться у замкненому початковому стані і регулювання напруги спрацьовування виконується підгинанням контактного кронштейна. При діагностуванні реле поворотів перевіряють частоту спрацьовування і момент замикання контактів сигнальних ламп. В звукових сигналах додатково виконується регулювання сили звуку і висоти тону.

3.3.6. Діагностування контрольно-вимірювальних приладів

Основними причинами несправного стану магнітоелектричних показчиків є обриви кіл котушок у результаті перегріву струмом при підвищеній напрузі бортової мережі або короткому замиканні датчика чи проводів підключення. Причинами несправностей датчиків можуть бути: порушення режимів їх експлуатації (підвищення температури, тиску); спрацювання елементів, які підлягають тертю (повзунки, котушки реостата); окислення контактів; порушення герметичності і руйнування діафрагми; втрати властивостей пружних елементів внаслідок пластичної деформації або температурної деструктуризації (термобіметалеві пластини).

Контрольно-вимірювальні прилади автомобіля перевіряють у випадку наявності симптомів їх несправності (екстрена діагностика) та при технічному обслуговуванні (регламентна діагностика). Технічний стан датчиків температури охолоджуючої рідини, тиску мастила, рівня палива, амперметра панелі приладів контролюють під

час проведення кожного четвертого ТО-2. Для цього їх знімають з автомобіля й випробовують на спеціальних приладах (див. рис. 2.3.4). Розглянемо методику перевірки елементів СВП на прикладі приладу типу Е-204 (рис. 3.3.4).

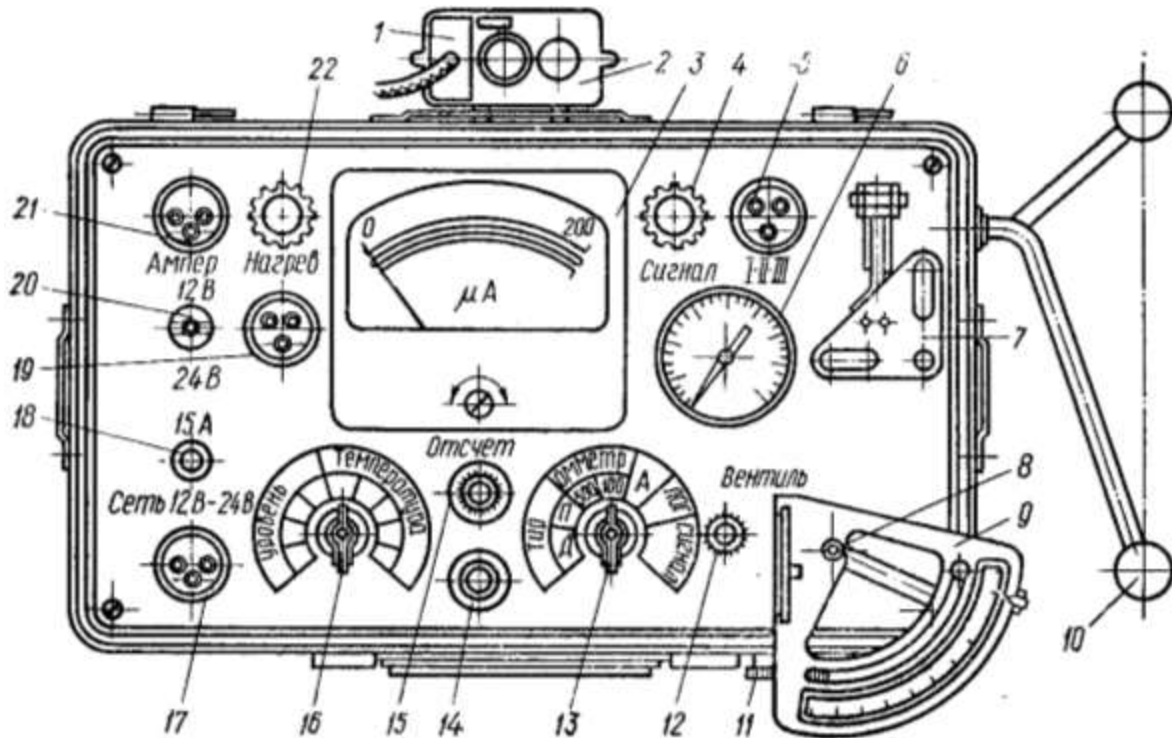


Рис. 3.3.4. Вигляд робочої панелі діагностичного приладу типу Е-204:
 1 – нагрівальний елемент; 2- ємність нагрівача з термометром; 3 - амперметр;
 4 - лампа сигналізатора; 5- розетка із затискачами для підключення сполучних
 провідників; 6 - манометр; 7 - монтажна панель; 8 - штифт; 9 - транспортер;
 10- рукоятка насоса; 11 - муфта сполучення датчиків тиску; 12 - вентиль
 випуску повітря; 13 - перемикач перевірок; 14 - рукоятка реостата;
 15 - кнопка підключення амперметра; 16 - перемикач еталонних опорів;
 17 - розетка для підключення акумуляторної батареї; 18 - запобіжник;
 19 - розетка для підключення провідників від нагрівача; 20 - перемикач
 напруги 12, 24 В; 21 - розетка для підключення сполучних провідників до
 амперметра, який перевіряється; 22 - лампа індикації нагрівача

Під час перевірки приладів амперметром 3 вимірюють силу струму в колі датчик-показчик при заданих значеннях параметру (температури рідини, тиску мастила, опору куту нахилу поплавця, залежно від положення перемикача 13) та реєструють положення стрілок показчиків при заданих значеннях опорів (перемикач 16). Амперметр 3 шунтовано кнопкою 15. Для перевірки різних прила-

дів короткочасно натискають кнопку 15 і зчитують показання. У випадку відхилення стрілки за межі шкали перевіряють правильність підключення випробовуваного приладу або усувають несправності.

Температуру в ємності нагрівача з водою 2, куди поміщають датчики показчиків і сигналізаторів температури, забезпечують нагрівальним елементом 1 та контролюють ртутним термометром. Датчик термометра і роботу його показчика перевіряють при фіксованих температурах 40°C й 100°C. Для перевірки датчика сигналізатору температури охолоджуючої рідини забезпечують температуру кипіння вище 100°C (за рахунок герметичності ємності нагрівача). Температуру, при якій спрацьовує датчик, порівнюють з паспортними даними. У датчиках типу ТМ104 і ТМ111 передбачено регулювання температури спрацьовування (регульовальний гвинт).

Показчики тиску мастила й повітря, які перевіряються, закріплюють на монтажній панелі 7, а відповідні датчики - встановлюють у муфту сполучення 11. За допомогою повітряного насосу 10 з манометром безпосередньої оцінки 6, активізують датчики. Після випробувань стиснене повітря стравлюють з через вентиль 12. Опір реостатних датчиків вимірюють у початковому стані (без подачі тиску) та при максимальних і мінімальних тисках у магістралі. Якщо вимірюваний показчиком максимальний тиск відрізняється від фактичного (показання манометра 6) на 5%, регулюють датчик (гвинт положення повзунка) або вибраковують показчик. Датчики сигналізатора тиску перевіряють манометром 6 за значенням тиску спрацьовування. Якщо тиск спрацьовування відрізняється від паспортних значень більш ніж на $\pm 7\%$, датчик вибраковують.

Датчики показчиків рівня палива, які перевіряються, закріплюють на транспортірі 9. При цьому, показання вимірів реєструють амперметром 3 або справним показчиком. Показчики рівня палива перевіряють за допомогою справного (еталонного) датчика. Опори датчика для крайніх положень поплавця наведені у паспортних даних. Коректування крайніх показань і лінійності шкали показчика роблять шляхом підгинання штанги датчика. Кут спрацьовування контактів сигналізатора граничного зниження рівня палива контролюють пробником.

3.4. Діагностування блоків автомобільної електроніки на дільниці відновлення

3.4.1. Загальні принципи діагностування електронних пристроїв

До переліку електронних блоків (ЕБ) автомобіля відносяться: транзисторні комутатори струму котушок запалювання; електронні регулятори напруги бортової мережі; блоки керування економайзером примусового холостого ходу (ЕПХХ); електронні тахометри; електронні реле блокування стартера (РБС), покажчиків повороту (РПП), склоочисників (РСО), захисту від перевищення частоти обертання ДВЗ; електронні сигналізатори контролю справності ламп та аварійного падіння рівня мастила.

Перш ніж приступити до локалізації несправності ЕБ в умовах дільниці відновлення необхідно отримати підтвердження діагнозу (впевнитися, що блок дійсно непрацездатний), щоб виключити помилкові та зайві втручання. Помилковий діагноз про несправність ЕБ, який поставлено на борту автомобіля, може бути спричинений: порушенням проводки підключення ЕБ; несправністю інших пристроїв, які мають електричний зв'язок з ЕБ, що перевіряється (датчики, виконавчі пристрої); неправильним режимом вимірів, несправністю (або невідповідністю) діагностичного приладу на підставі якого поставлено діагноз, помилкою оператора.

Щоб підтвердити чи спростувати попередній діагноз, необхідно виконати випробування електронного блока, імітуючи умови борту автомобіля (перевірка блоку за вихідними діагностичними параметрами). Для цього до рознімання (выводів) електронного блока, що перевіряється, підключають: джерело живлення з контролем рівня напруги та струму споживання; еквівалент навантаження блоку; імітатори вхідних впливів (генератори електричних сигналів, комутуючі пристрої). Як вихідні діагностичні параметри ЕБ, при цьому, розглядаються: значення опорів на виводах рознімання зовнішніх підключень; сила струму споживання або в навантаженні; значення напруги, підведеної до навантаження; параметри форми та часові параметри керуючого сигналу. Якщо діагноз про несправність ЕБ підтверджено, його вибраковують або відновлюють.

При локалізації несправності в ЕБ (пробоїв елементів схеми або пошкодження монтажу), у якості діагностичних обирають структурні електричні параметри (напругу або опір), які вимірюють в контрольних точках схеми пристрою.

Процес діагностування ЕБ поєднує «холодні» (без підключення живлення) та «гарячі» (з підключенням живлення) перевірки. Під час «гарячих» перевірок пристрій тестується в режимі спокою (без подачі вхідних сигналів керування) або в активному режимі (з подачею вхідних сигналів). При цьому, навантаження пристрою забезпечує робочий режим або ні (холостий хід). За результатами перевірок відбувається структурна (працездатний чи непрацездатний) і параметрична (задовольняють чи не задовольняють нормованим значенням параметрів) ідентифікація несправності. Загальний алгоритм процесу діагностування ЕБ, незалежно від призначення (типу) електронного блока, наведено на рис. 3.4.1.

Спочатку, зазвичай, перевіряють опори на виводах рознімання за допомогою омметра. Низький опір на виводах рознімання відносно маси, в багатьох випадках, свідчить про пробій транзисторів (вхідного чи вихідного) або замикання монтажу, надмірне значення – про обриви кіл.

При подачі живлення з номінальною напругою оцінюють силу струму споживання ЕБ і порівнюють з номінальним значенням за паспортними даними. В колі навантаження ЕБ також передбачають амперметр і вимикач для його відключення. Таким чином забезпечується контроль струмів в колах ЕБ на холостому ході та під навантаженням.

Якщо сила струму споживання перебільшує номінальне значення, це свідчить про наявність замикань (пробоїв). Недостатня сила струму або його відсутність вказують на перегорання елементів чи гальванічні порушення монтажу.

Якщо струм споживання ЕБ відповідає паспортним значенням у режимі спокою (без впливів вхідних сигналів), переходять до наступного етапу. На входи ЕБ подають інформаційні сигнали (від імітаторів сигналів датчиків) з контролем їх параметрів (амплітуди, частоти, шпаруватості) та забезпечують номінальний режим функціонування ЕБ. При цьому спостерігають за реакцією амперметра у колі навантаження.

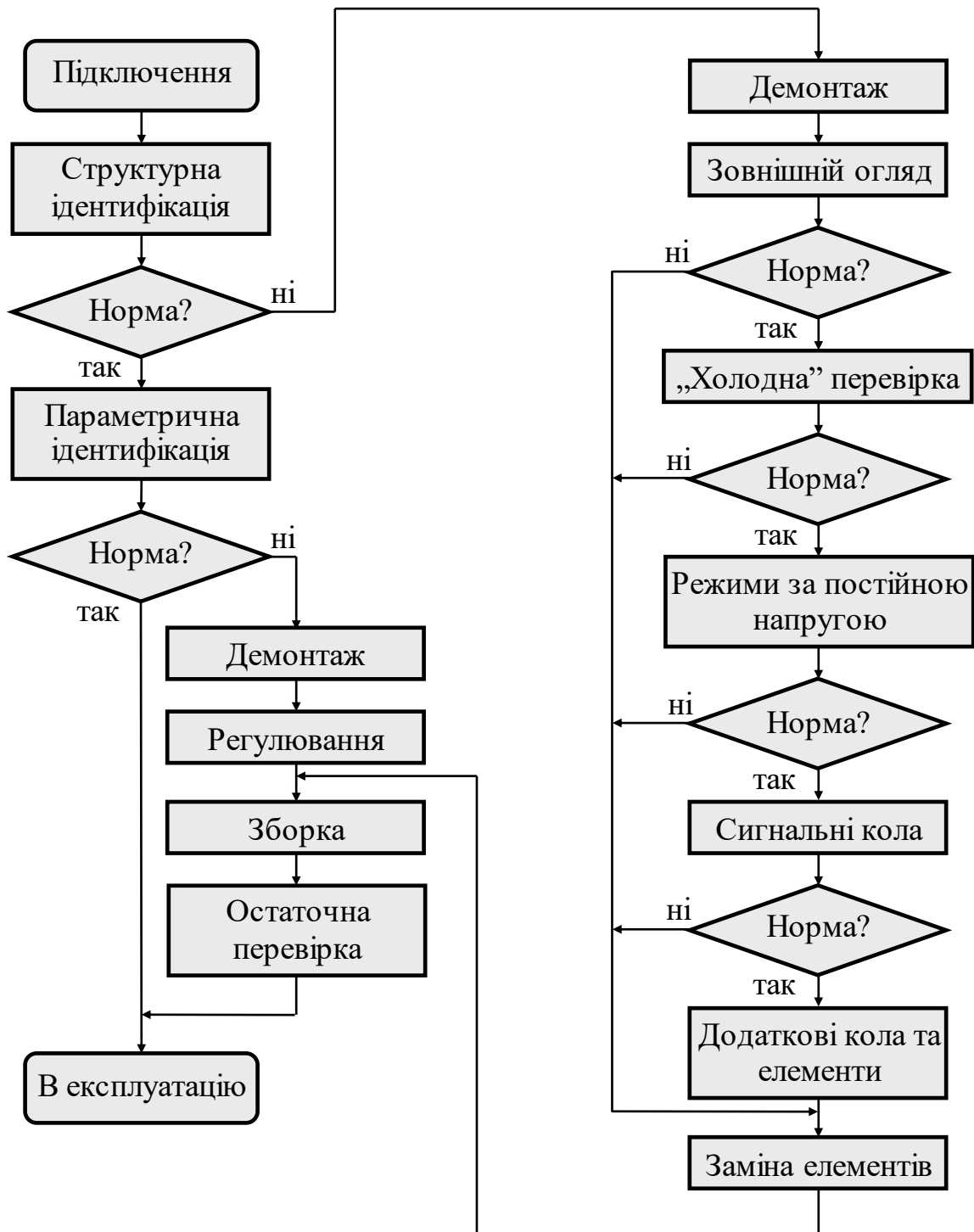


Рис. 3.4.1. Загальний алгоритм процесу діагностування електронних блоків на ділянці відновлення

Якщо алгоритм функціонування ЕБ відповідає його призначенню, вважають пристрій працездатним (структурна ідентифікація). В цьому випадку проводять кількісну оцінку вихідних параметрів.

трів ЕБ (параметричну ідентифікацію) та, в разі необхідності, виконують його регулювання (настроювання).

Для виконання операції регулювання забезпечують доступ до його монтажного блоку. Процес регулювання (калібрування) полягає в налаштуванні параметрів елементів, які визначають режими функціонування ЕБ. Під час регулювання ЕБ здійснюється контроль його вихідних параметрів. Після регулювання ЕБ збирають та остаточно перевіряють.

При відхиленні значень струму споживання від норми або якщо ЕБ не функціонує, підтверджується діагноз про його несправність та переходять до другого етапу діагностування за структурними параметрами. В цьому випадку виконують часткове розбирання блоку та зовнішній огляд елементів та монтажу (суб'єктивна діагностика).

При наявності ознак несправностей окремих елементів або монтажу (обгорання, оплавлення, зміна кольору, механічні пошкодження, руйнування) діагноз про несправність елементу підтверджують шляхом «холодної» перевірки (за допомогою омметра) і, в разі необхідності, елемент замінюють. Далі повторюють перевірку функціонування ЕБ в робочому стані. Якщо ЕБ при цьому не функціонує, його відключають від живлення та виконують перевірку схеми пристрою (в першу чергу напівпровідникових приладів) омметром з використанням карти опорів. При необхідності виводи елементів випаюють для вимірювання опорів окремих ділянок.

Якщо «холодна» перевірка не дозволяє локалізувати несправність пристрою, переходять до перевірки ЕБ в «гарячому» стані. Перш за все, перевіряють режими активних елементів схеми за постійною напругою на їх виводах з використанням карти потенціалів. Якщо такої інформації бракує, режими транзисторів та їх технічний стан визначають по співвідношенню потенціалів між електродами (рис. 3.4.2).

Для транзистора, який функціонує в лінійному режимі (рис.3.4.2, а) розподіл потенціалів між електродами визначає пряме зміщення емітерного та зворотне зміщення колекторного переходів (напруга на виході транзистора більше за напругу на його вході $U_{ке} > U_{бе}$). У транзистора, який перебуває у стані відсічки (рис.3.4.2,б), обидва переходи зміщені у зворотному, а в режимі насичення (рис. 3.4.2, в) – в прямому напрямку.

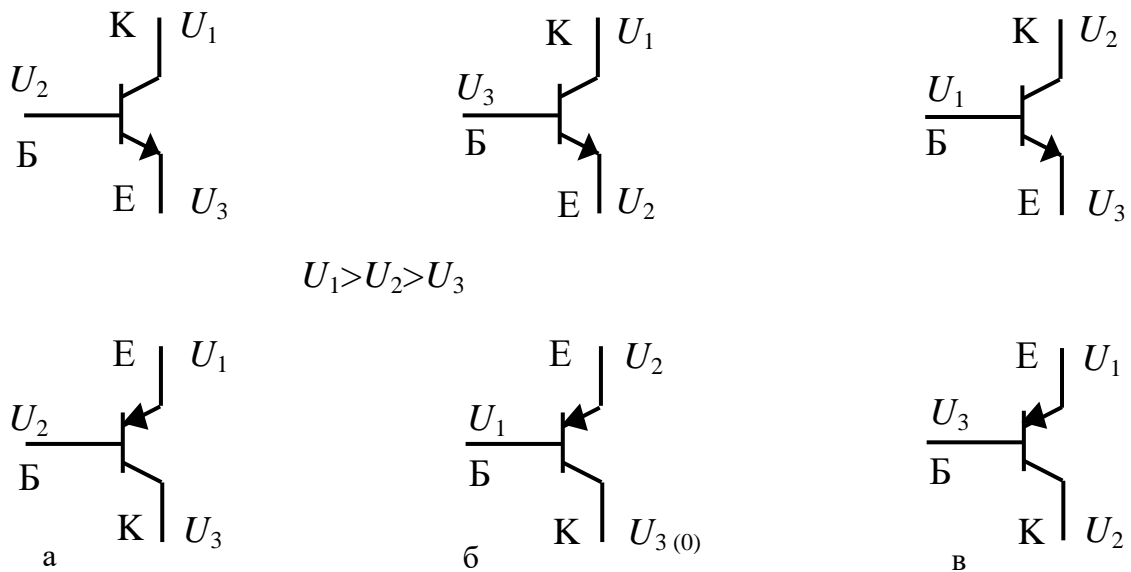


Рис. 3.4.2. Співвідношення потенціалів на електродах справного транзистора:

а – в лінійному режимі; б – в стані відсічки; в – в стані насичення

При цьому в стані насичення напруга на вході транзистора перевищує напругу на його виході $U_{бе} > U_{ке}$, а в стані відсічки – навпаки.

Якщо напруга на вході $U_{бе}$ чи виході $U_{ке}$ транзистора дорівнює нулю (або потенціали електродів однакові), – транзистор пробитий. Якщо ці напруги значно перевищують нормовані значення (дорівнюють напрузі живлення пристрою $U_{ж}$) – в транзисторі обірвані (перегоріли) електроди підключення зон приладу. Якщо напруга на електродах транзистора відносно спільного виводу (маси) дорівнює нулю, спостерігається обрив кіл живлення (обрівані або перегоріли пасивні елементи схеми або пошкоджено монтаж).

Наступним етапом діагностування (якщо режими за постійною напругою у нормі) є перевірка режимів схеми за змінною напругою по сигнальних колах. Для цього на блок подають вхідні сигнали (підключають імітатори) і спостерігають проходження сигналу по каскадах пристрою за допомогою вольтметра змінної напруги або осцилографу. До несправностей сигнальних кіл слід віднести: пошкодження, обриви, замикання міжкаскадних зв'язків (елементів), вхідних фільтрів, гальванічних розв'язок; руйнування монтажу; обриви електродів підключення у структурі транзисторів чи мікросхем.

У ряді випадків причиною непрацездатності ЕБ може бути несправність додаткових кіл та елементів схеми: захисту транзисторів, термостабілізації режимів, зворотних зв'язків (для приладів релаксаційного типу ці зв'язки є основними), фільтри живлення та інші. Такі несправності вишуковують відповідно до схем ЕБ конкретного призначення з урахуванням умов їх функціонування. Після локалізації несправності здійснюється її усунення, ЕБ збирається та остаточно перевіряється.

До переліку методів перевірок ЕБ слід додати метод діагностування за температурними потенціалами. Цей метод полягає у вимірюванні температур поверхонь елементів схеми та порівнянні їх з картою температур справного пристрою у номінальному режимі функціонування. Перевищення температури будь-якого елемента схеми свідчить про наявність замикань (пробоїв, витоків), зниження – про обриви кіл (перегоряння елементів, руйнування монтажу). Метод дозволяє оперативно локалізувати несправний елемент та виключає помилкове втручання в монтаж пристрою і необережні замкнення монтажу вимірювальними затискачами під час перевірки структурних параметрів. Ці передумови визначають ефективність методу при діагностуванні ЕБ зі значною кількістю активних елементів схеми. Для вимірювання температури елементів використовують спеціальні мультиметри, в яких передбачено використання температурного зонду.

Робоче місце дільниці відновлення комплектується монтажним обладнанням та універсальними вимірювальними приладами за переліком:

- монтажний інструмент та витратні матеріали;
- паяльники малої та середньої потужності;
- комутаційна апаратура для здійснення підключень приладів до ЕБ (конектори, штатні рознімання, вимикачі, затискачі);
- джерело живлення стабілізованої постійної напруги, що регулюється в діапазоні 4...20 В та забезпечує струм у навантаженні до 10 А з контролем цих параметрів та електронним захистом від перевантажень;
- два мультиметри (тестери) або комплект вимірювальних приладів, що їх замінюють (омметр, вольтметр і амперметр);

- генератор гармонійних коливань з вихідною напругою, яка регулюється за частотою в діапазоні 10...20000 Гц та за амплітудою в діапазоні 0,2...10 В і має вихідний опір не більше 600 Ом (вимірювальний генератор звукового діапазону типу ГЗ-102);

- генератор прямокутних імпульсів з регулюванням частоти надходження 5...50000 Гц, шпаруватості формування 5...95%, амплітуди сигналу 0,5...20 В, і вихідним опором не більше 600 Ом (вимірювальний генератор прямокутних імпульсів типу Г5-54);

- двоканальний осцилограф без будь-яких особливих вимог до технічних характеристик (універсальний осцилограф типу С1-93).

Для організації процесу діагностування робоче місце також забезпечується комплектом еквівалентів навантажень або штатних навантажень ЕБ і комплектом нормативної та діагностичної документації (технічні паспорти, схеми, діагностичні карти, довідники) за переліком ЕБ (призначенням, типом, модифікацією), що підлягають відновленню.

3.4.2. Діагностування електронних регуляторів напруги

Перевірка електронних регуляторів напруги за допомогою омметра (рис. 3.4.3, а) дозволяє оперативно виявити найбільш ймовірні несправності РН (пробій виконавчого транзистора та захисного діода) без використання діагностичної документації (схеми електричних підключень, карти опорів рознімання).

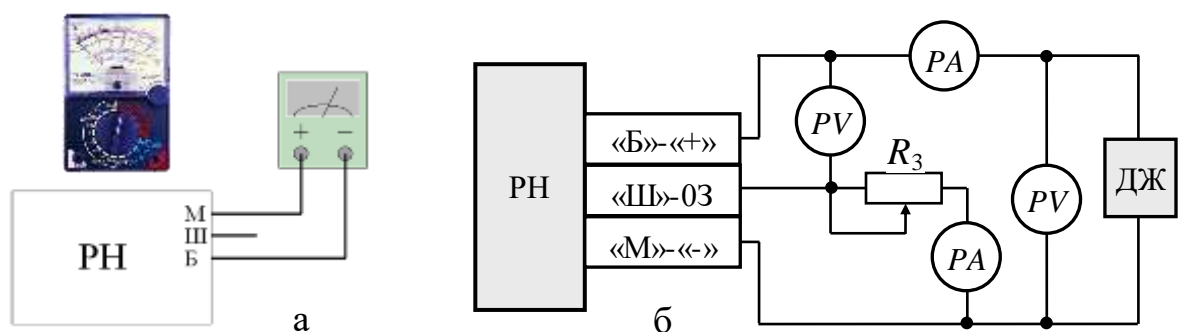


Рис. 3.4.3. Схема підключень приладів при перевірках регулятора напруги за вихідними параметрами:

а – за допомогою омметра; б – за струмом споживання

Під час перевірки РН за вихідними параметрами у «гарячому» стані забезпечують два статичних режими: під напругою спрацьовування $U_C > U_{PH}$, коли струм в колі збудження відсутній $I_3 = 0$, та при напрузі повернення $U_{П} > U_{PH}$, коли коло збудження споживає струм $I_3 = U_{Ж}/R_3$. При цьому, до РН підключають вимірювальні прилади PA, PV ; еквівалент навантаження R_3 (резистор, що відповідає опору обмотки збудження); регульоване джерело живлення постійної напруги ДЖ (рис. 3.4.3).

Для перевірки регулятора напруги за струмом споживання прокоментуємо на прикладі схеми (рис. 3.4.4).

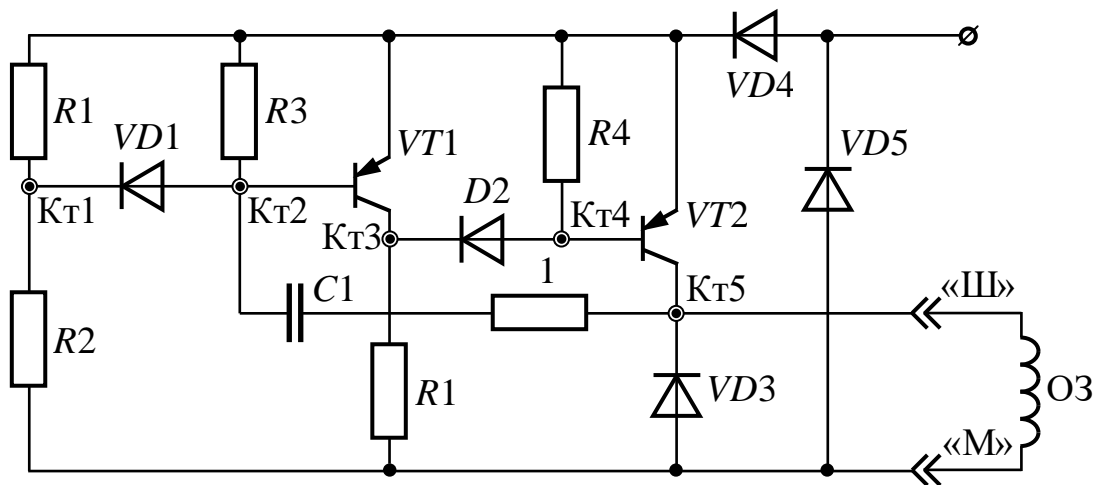


Рис. 3.4.4. Схема електрична принципова безконтактного регулятора напруги

Для активізації пристрою поступово підвищують напругу живлення та спостерігають за реакцією вимірювальних приладів. При цьому можливі наступні варіанти.

1. Струм споживання ($PA1$) відсутній $I_1 = 0$ при будь-яких напругах живлення. Така реакція амперметра свідчить про обрив кола живлення в середині конструкції регулятора: порушення контактів «Б» чи «М» підключення рознімання до монтажною плати; обрив діоду живлення $VD4$.

2. Струм споживання I_1 досягає десятки міліампер з підвищенням напруги живлення до значень $U_{Ж} < U_C$, а після перевищення $U_{Ж} > U_C$ спостерігається різке його підвищення до сотень міліампер (струм в колі навантаження при цьому $I_2 = 0$). Таким ознакам відповідає обрив діода $VD2$.

3. Якщо з підвищенням напруги живлення струм I_1 раптово зростає до сотень міліампер, а струм в навантаженні $I_2 = 0$ – пробитий (замкнений) стабілітрон $VD1$ або транзистор $VT1$.

4. Струм I_1 має занадто великі значення навіть при мінімальних значеннях напруги живлення струм $I_2 = 0$. В такому випадку слід негайно відключити джерело живлення, щоб запобігти перенавантаження. Така реакція свідчить про короткі замикання в монтажі РН або пробіи напівпровідникових приладів схеми (захисний діод $VD3$, діод інверсного підключення $VD5$).

5. Струм навантаження $I_2 \approx I_1$ підвищуються пропорційно напрузі живлення, при $U_{\text{Ж}} = U_{\text{РН}}$ має номінальне значення, а при $U_{\text{Ж}} > U_{\text{С}}$, I_2 не дорівнює нулю (регулятор не спрацьовує). Така реакція спостерігається при пробитому транзисторі $VT2$ (якщо напруга на його виході $PV2$ дорівнює нулю) або обрив у колі стабілітрону $VD1$ та транзистора $VT1$ (якщо падіння напруги на відчиненому транзисторі $U_2 = 0,2 \dots 1,5$ В).

Подальша локалізація несправності РН здійснюється шляхом «холодної» перевірки елементів за допомогою омметра або перевірки режимів напівпровідникових приладів за постійною напругою (див. рис. 3.4.2).

Для прикладу, наведемо рівні потенціалів в контрольних точках схеми (рис. 3.4.4) справного РН, коли навантаження R_3 підключено (табл. 3.4.1). При цьому вважаємо, що напруга регулювання $U_{\text{РН}} = 13$ В, напруга стабілітрона $U_{\text{СТ}} = 4,7$ В, потенціальні бар'єри емітерних переходів транзисторів та переходу діоду $VD2$ складають $U_0 = 0,6$ В.

Таблиця 3.4.1

Карта потенціалів справного регулятора напруги

Режим (стан) РН	Напруга відносно маси, В				
	КТ1	КТ2	КТ3	КТ4	КТ5
$U_{\text{С}} = 14$ В	8,6	13,3	13,6	14	0
$U_{\text{П}} = 13$ В	7,8	12,7	11,4	12	12,6

Якщо регулятор напруги працездатний, переходять до якісної оцінки його вихідних параметрів, а саме вимірюють значення напруг спрацьовування $U_{\text{С}}$ та повернення $U_{\text{П}}$ ($PV1$) і падіння напруги на виконавчому транзисторі $VT2$ ($PV2$), порівнюючи їх з паспорт-

ними значеннями. Якщо значення U_C , U_{II} не задовольняють технічним характеристикам, здійснюють регулювання РН за рахунок калібрування опорів вимірювального подільника $R1$, $R2$. Якщо падіння напруги на $VT2$ у відчиненому стані перевищує нормоване значення (долі вольта), транзистор перебуває у лінійному режимі (струм навантаження I_2 при цьому менше за норму). Причиною тому може бути пробій діода $VD2$.

Слід зазначити, що при проведенні перевірок електронних регуляторів напруги різного типу необхідно враховувати особливості їх будови: наявність додаткових виводів та сезонного перемикача; схемні рішення вимірювальної частини, вихідного каскаду; підсилюючих каскадів та релаксаторів захисту; наявність елементів захисту та стабілізації режимів транзисторів, кіл зворотних зв'язків, фільтрів живлення. Щодо зовнішніх підключень, еквівалент навантаження R_3 може підключатися до виводів «+» – «Ш» або «-» – «Ш» в колекторне або емітерне коло виконавчого транзистора.

Регулятори в інтегральному виконанні не підлягають відновленню, і тому перевіряються тільки за вихідними параметрами без локалізації місця пошкодження.

3.4.3. Діагностування комутаторів струму систем запалювання

До групи блоків комутаторів струму (КС) належать електронні пристрої різної структури, які використовуються у складі систем запалювання різного типу. Перелік пристроїв цієї групи складають: комутатори контактно-транзисторних; безконтактних систем запалювання; систем запалювання з нормуванням часу накопичення енергії в котушці; комутатори систем запалювання з накопиченням енергії в ємнісному елементі та інші. Слід зазначити, що перелічені КС значно відрізняються за схемним рішенням та елементною базою їх побудови. Рівень складності схем пристрою та кількість вихідних параметрів, що підлягають контролю, визначають метод та засоби діагностування КС кожного конкретного типу.

Комутатори контактно-транзисторних систем є найбільш простими та складаються з декількох дискретних елементів змонтованих в металевому корпусі-радіаторі. Схема електрична принципова комутатору типу ТК-102 показана на рис. 4.4.5.

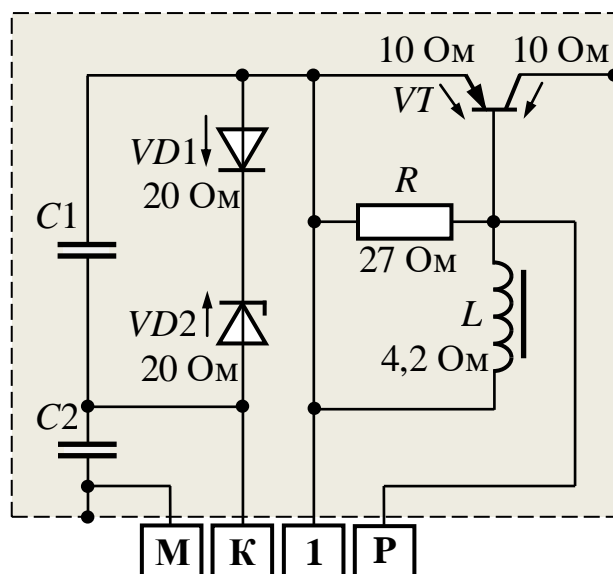


Рис. 4.4.5. Схема електрична принципова комутатора струму типу ТК102

Несправний елемент КС такого типу доцільно ідентифікувати за вихідними параметрами з використанням карти опорів рознімання. Карта опорів (табл. 3.4.1) формується аналітично на підставі схеми електричної принципової за еквівалентними опорами кіл підключення омметра або експериментально, шляхом імітації пошкоджень на реальному зразку.

Таблиця 3.4.1

Карта опорів комутатора струму ТК-102А

Стан	Опори між виводами рознімання											
	Р-М	Р-М	Р-1	1-Р	Р-К	К-Р	М-1	1-М	М-К	К-М	1-К	К-1
справний	∞	10	3,6	2,7	∞	∞	13,6	∞	∞	∞	∞	∞
пробій к-б VT	0	0	3,6	2,7	∞	∞	3,6	2,7	∞	∞	∞	∞
пробій б-е VT	∞	10	0	0	∞	∞	10	∞	∞	∞	∞	∞
пробій VD2	∞	10	3,6	2,7	23,6	∞	13,6	∞	33,6	∞	20	∞
пробій VD1	∞	10	3,6	2,7	∞	2,7	13,6	∞	∞	∞	∞	20
пробій C1	∞	10	3,6	2,7	3,6	3,6	13,6	∞	13,6	∞	0	0
пробій C2	∞	10	3,6	2,7	∞	∞	13,6	∞	0	0	∞	∞
обрив L	∞	10	27	7,3	∞	∞	37	∞	∞	∞	∞	∞
обрив R	∞	10	4,2	4,2	∞	∞	14,2	∞	∞	∞	∞	∞

Зазначимо, що при формуванні карти опорів для комутаторів струму окремих модифікацій слід враховувати їх особливості: но-

мінали елементів, тип та провідність транзистора, використання імпульсного трансформатора замість дроселя.

Операції діагностування комутаторів безконтактних систем запалювання (типу ТК-200) доцільно проводити в такій послідовності. Спочатку вимірюється опір між виводами КЗ-М (рис. 4.4.6), щоб визначити стан виконавчого транзистора $VT3$ (найбільша ймовірність несправності).

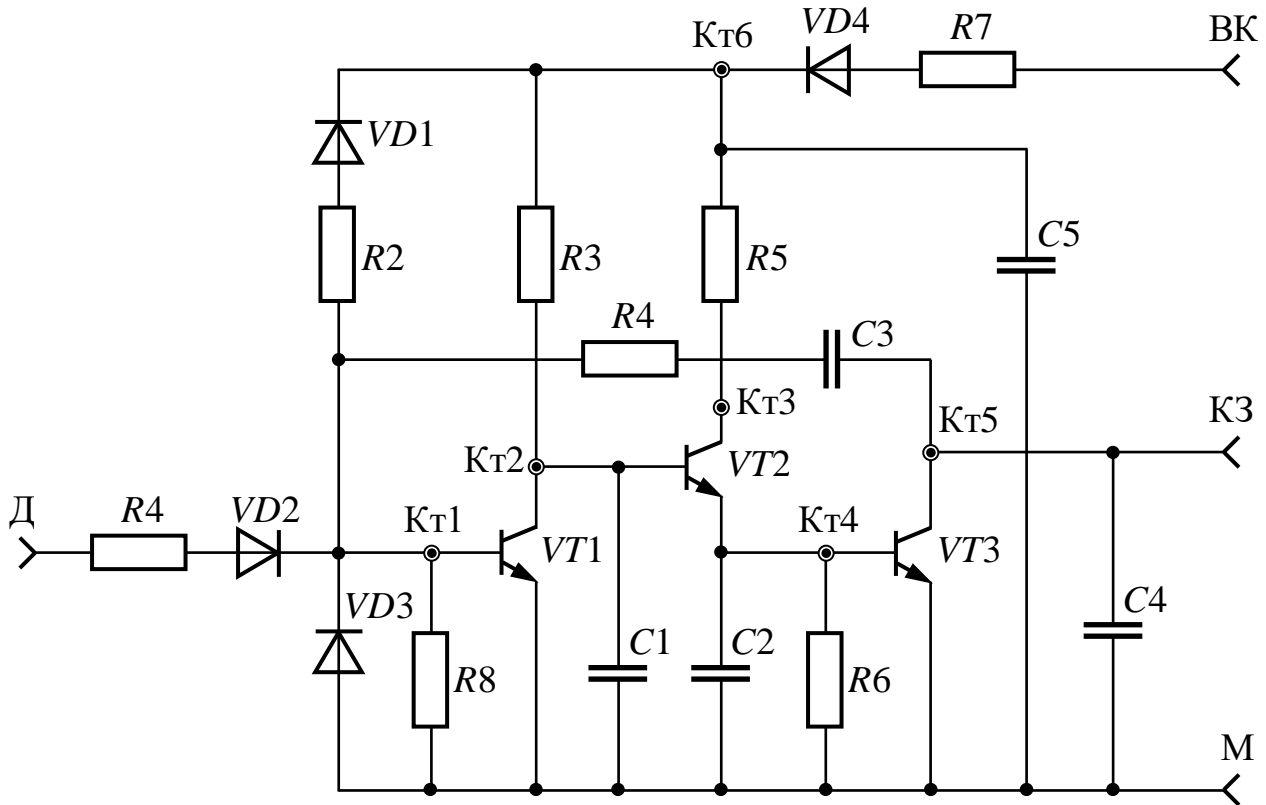


Рис. 3.4.6. Схема електрична принципова комутатора струму типу ТК 200

Цей опір для справного транзистора має складати більш за 100 кОм у прямому та зворотному напрямках. Якщо транзистор справний, виконують перевірку комутатора в статичних режимах. Для цього до комутатора підключають еквівалент навантаження $R_{КЗ}$ (замість котушки запалювання), джерело живлення з напругою, що регулюється та імітують наявність (чи відсутність) сигналу запалювання за допомогою вимикача SA (рис. 3.4.7).

При цьому спостерігають за значеннями струмів споживання ($PA1$) та навантаження ($PA2$) під дією номінальної напруги ($PV1$).

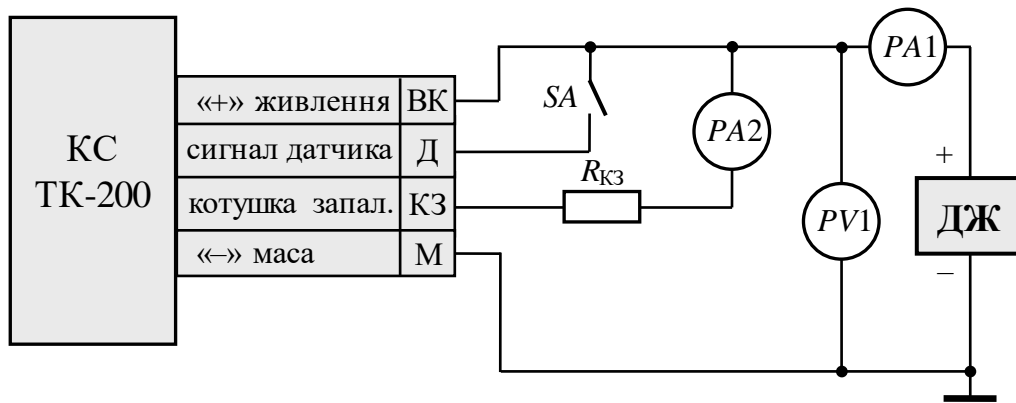


Рис. 3.4.7. Зовнішні підключення приладів для діагностування комутатора струму в статичних режимах

На підставі аналізу схеми електричної принципової та показань вимірювальних приладів ставиться попередній діагноз про стан комутатора в цілому, або про несправність його окремих елементів (насамперед напівпровідникових приладів) чи монтажу.

Подальша локалізація несправності здійснюється за структурними параметрами методом «холодної» (карта опорів між контрольними точками Кт), а потім «гарячої» перевірки блоку в статичних режимах за картою потенціалів (табл. 2.12).

Таблиця 3.4.2

Карта потенціалів справного комутатора ТК-200

Напруга на вході, В	Потенціали контрольних точок схеми, В					
	Кт1	Кт2	Кт3	Кт4	Кт5	Кт6
$U_{ВХ} = 0$	0,0	2,3	1,8	1,5	1,0	10,0
$U_{ВХ} = 12$	0,7	0,1	11,2	0,0	12,0	11,4

Після усунення несправності в основних колах схеми виконують перевірку додаткового кола захисту комутатора від перебільшення напруги живлення (стабілітрон VD1, резистор R2). Для цього відключають вхідну напругу (SA – розімкнено), щоб запобігти пошкоджень вхідного каскаду, та підвищують напругу живлення (PV1) до 18 В. При справному колі захисту підвищення напруги має привести до відключення кола навантаження $I_{КЗ} = 0$ (PA2).

Щоб остаточно впевнитися в працездатності комутатора (елементів захисту, стабілізації режимів; зворотного зв'язку), його випробують в динамічному режимі під реальним навантаженням (імітація умов борту автомобіля). Для цього до комутатора підключа-

ють відповідну котушку запалювання з високовольтним розрядником, а на вхід подають сигнал керування від вимірювального генератора (ГЗ-102, Г5-54). Випробування проводять в робочих діапазонах (амплітуди та частоти) сигналу запалювання, спостерігаючи за якістю іскроутворення на розряднику. Випробування комутаторів струму в динамічному режимі зручно проводити на стендах типу СПЗ (див. рис. 2.3.13).

Комутатори струму з нормуванням часу накопичення енергії в котушці запалювання (типу 36.3734) більш складні за схемним рішенням, містять мікросхеми та реалізують декілька функцій: нормування часу (основна); обмеження та відсічки струму в колі котушки запалювання (додаткові). Процес діагностування КС такого типу доцільно проводити в наступній послідовності:

1. Перевірка стану елементів, що утворюють коло комутації струму в котушці запалювання за допомогою омметра.
2. Перевірка стану комутатора за значеннями струму споживання в статичних режимах.
3. Перевірка функціонування каналу відсічки та обмеження струму за вихідними параметрами у статичних режимах.
4. Перевірка функціонування каналу нормування часу накопичення за вихідними параметрами у динамічному режимі.
5. Пошук несправного елемента методом температурних потенціалів.
6. Локалізація несправності за картою потенціалів (за допомогою вольтметра) у статичних режимах.
7. Локалізація несправностей за осцилограмами у динамічному режимі (генератор, осцилограф).
8. Перевірка працездатності КС при коливаннях напруги живлення.
9. Остаточна перевірка працездатності КС під реальним навантаженням у робочому діапазоні обертання двигуна.

Щоб перевірити вихідне коло КС, вимірюють опір між виводами 1 і 2 рознімання блоку. Для справного стану кола згідно зі схемою (рис. 3.4.8) опір у прямому напрямку повинен дорівнювати $R_{1,2} = 2,9 \text{ кОм}$, у зворотному – $R_{2,1} = \infty$.

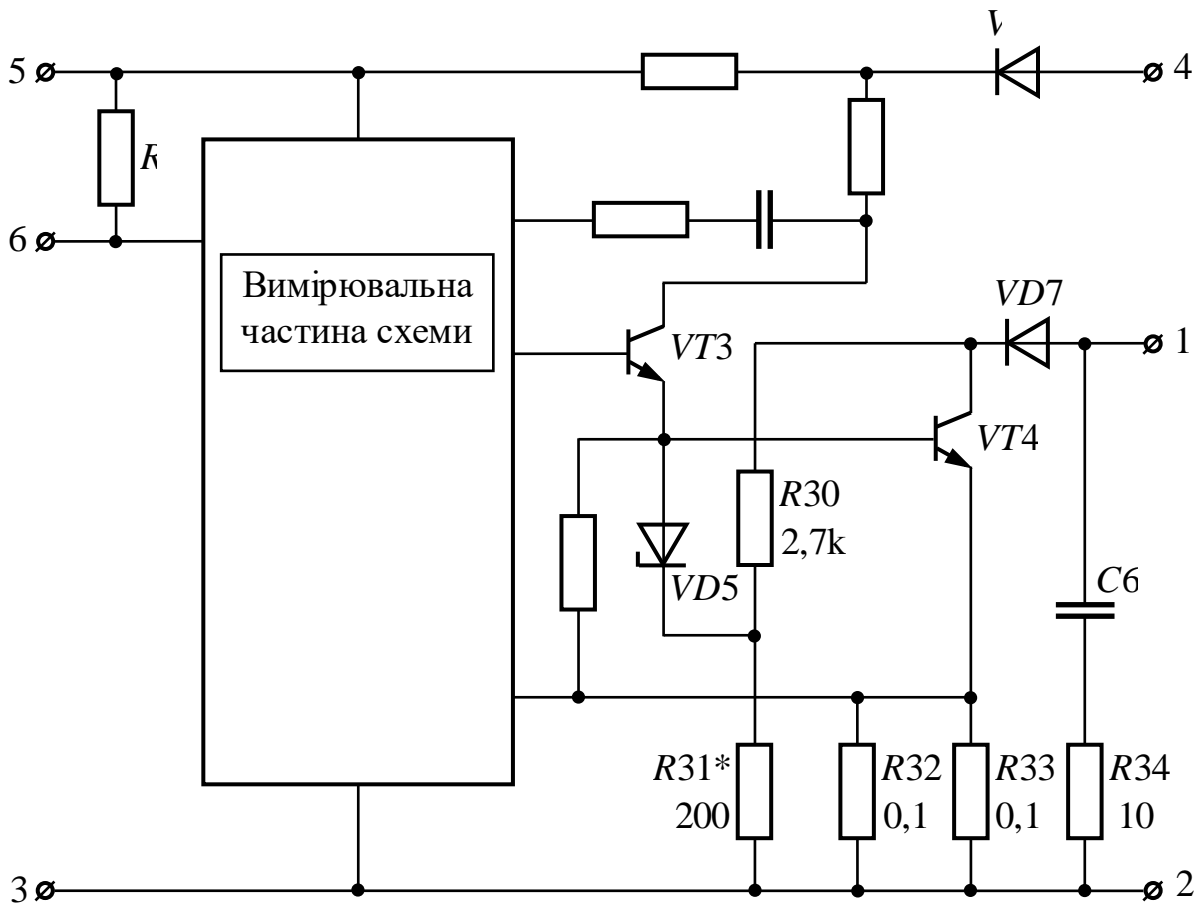


Рис. 3.4.8. Схема електрична принципова вихідного каскаду комутатора струму системи запалювання з нормуванням часу накопичення енергії

В разі пробією елементів вихідного кола маємо такі результати вимірювань:

- пробій захисного діоду $VD7$ – $R_{1,2} = 2,9 \text{ кОм}$, $R_{2,1} = 2,9 \text{ кОм}$;
- пробій виконавчого транзистора $VT4$ – $R_{1,2} = 0$, $R_{2,1} = \infty$;
- пробій конденсатору $C5$ – $R_{1,2} = 10 \text{ Ом}$, $R_{2,1} = 10 \text{ Ом}$;
- пробій $VD7$ та $VT4$ водночас – $R_{1,2} = 0$, $R_{2,1} = 0$.

На другому етапі, КС перевіряється у двох статичних станах – при відсутності сигналу з датчика (коли вимикач $SA2$ – розімкнено) та при його наявності ($SA2$ – замкнено). Схему зовнішніх підключень «гарячої» перевірки комутатора струму у статичних режимах показано на рис. 3.4.9.

Можлива реакція амперметру кола живлення $PA1$ визначається відповідно до схеми пристрою та несправностей (замкнення, обриви, пробії), що можуть мати місце на час діагностування.

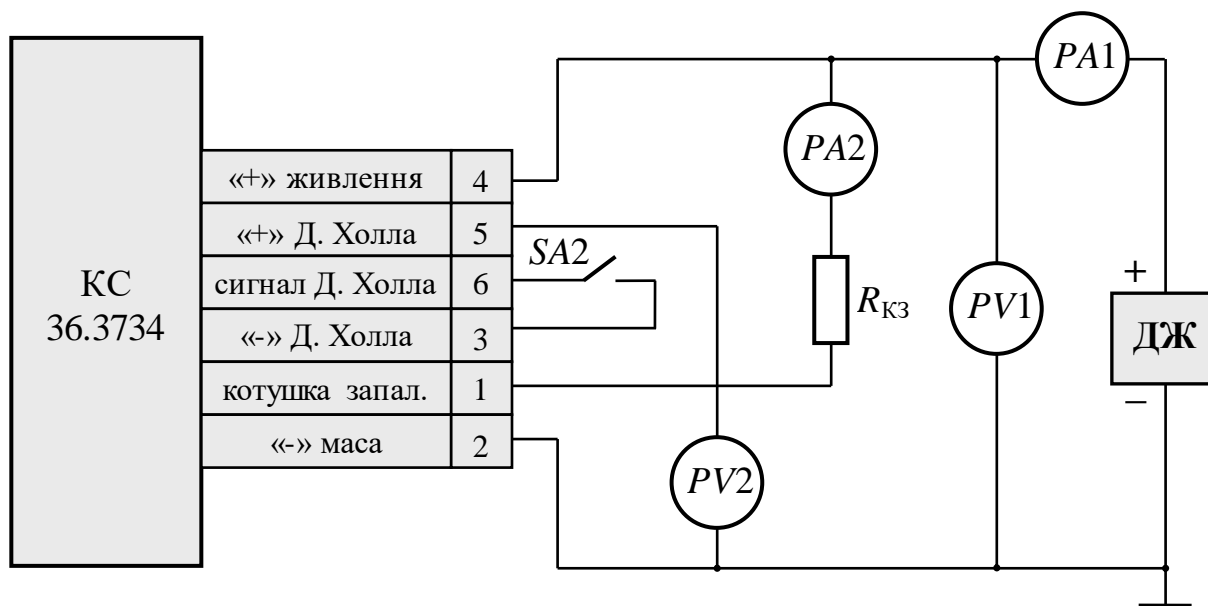


Рис. 3.4.9. Зовнішні підключення приладів для діагностування комутатора струму в статичних режимах

При справному каналі відсічки та спільних з ним каскадів схеми може спостерігатися відключення струму навантаження $PA1$ через 5...7 секунд після подачі живлення.

Працездатність каналу обмеження струму оцінюється за реакцією амперметра кола навантаження $PA2$ при підвищенні напруги живлення більш за номінальні значення. Якщо канал обмеження функціонує, струм навантаження має не перевищувати фіксованого значення $I_{кз} = 8 \text{ А}$.

Для перевірки каналу нормування часу накопичення застосовується генератор прямокутних імпульсів ПІ та двоканальний осцилограф ЕО (рис. 3.4.10).

Генератор імітує імпульси сигналу запалювання (датчика Холла) амплітудою 7...8 В та шпаруватістю 30% в діапазоні частот 33...150 Гц. Роботу каналу слід вважати задовільною, якщо шпаруватість на виході комутатора (вхід $Y2$ осцилографа) змінюється відповідно до зміни частоти імпульсів вхідного сигналу (вхід $Y1$ осцилографу) та тривалість імпульсів струму в навантаженні (час накопичення енергії) не виходить за межі 4...8,5 мс.

Якщо по результатах перевірок за вихідними параметрами (в зібраному стані) несправність КС підтверджена (локалізована до рівня каналу), блок пристрою частково демонтується та перевіряється

за структурними параметрами з метою локалізації несправності до рівня елементу схеми чи пошкодження монтажу.

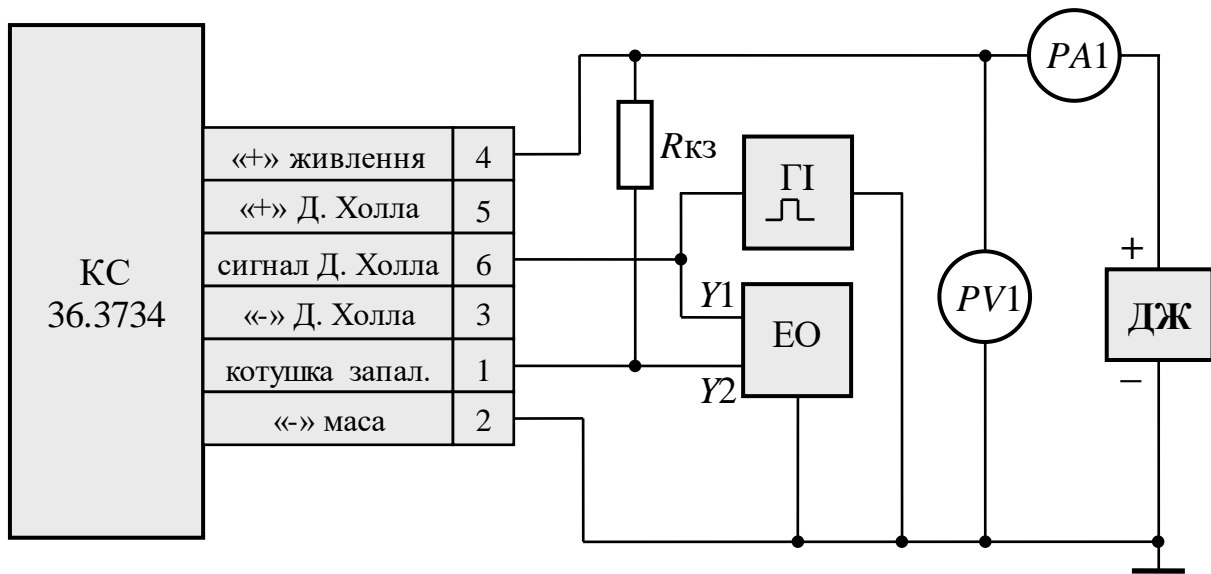


Рис. 3.4.10. Зовнішні підключення приладів для діагностування комутатора струму в динамічному режимі

У випадку, коли струм, що споживається КС, перебільшує номінальне значення, доречно перш за все виконати перевірку температурних режимів елементів схеми (метод температурних потенціалів). В разі, якщо струм споживання менший за номінальні значення, слід виконати перевірку режимів транзисторів та мікросхем у статичних режимах (режими за постійною напругою) та порівняти результати вимірів з картою потенціалів справного пристрою. При необхідності (уточнення діагнозу) паралельно проводять «холодну» перевірку підозрілих елементів після відключення живлення.

Схеми КС з нормуванням часу накопичення енергії мають кола, що параметруються частотою (канал нормування та без іскрової відсічки), і тому несправні елементи цих кіл не завжди можливо визначити за результатами аналізу параметрів у статичних режимах. У таких випадках аналізуються осцилограми (часові діаграми напруг) у контрольних точках схеми. За результатами аналізу сигналів у робочому діапазоні частот обертання двигуна локалізується несправний елемент чи місце пошкодження монтажу.

Після усунення несправностей виконують перевірку працездатності КС при коливаннях напруги живлення в межах 6...18 В. При

таких випробуваннях використовується динамічний режим функціонування. При цьому, проводять комплексну перевірку працездатності всіх каналів керування за вихідними параметрами (аналіз осцилограм сигналу на виході КС) та стабілізатора напруги живлення вимірювальної частини пристрою. Напруга стабілізації вимірюється на виводі 5 рознімання блоку (живлення датчика Холла) та має підтримуватися на рівні 6...8 В у всьому діапазоні коливань напруги живлення.

Під час остаточної перевірки працездатності КС від нього від'єднуються вимірювальні прилади та підключається штатна катушка запалювання з іскровим розрядником. Випробування проводять в робочих діапазонах частот сигналу запалювання та коливань напруги живлення. Контроль працездатності КС на цьому етапі здійснюється на підставі суб'єктивної оцінки якості іскрового розряду. Слід зазначити, що послідовність перелічених етапів діагностування комутаторів струму та необхідність їх проведення в багатьох випадках визначається за результатами попередніх перевірок та залежить від фактичного стану пристрою на час діагностування.

Двоканальні комутатори струму з нормуванням часу накопичення енергії (типу 42.3734), які застосовуються в мікропроцесорних системах запалювання з холостою іскрою, відрізняються від одноканальних наявністю двох ідентичних каналів (нормування часу накопичення, обмеження струму у колі катушки запалювання) та схеми вибору каналу. Методика діагностування КС схожа з методикою діагностування одноканальних комутаторів за винятком того, що до КС підключаються два навантаження, а на вхід КС подаються два сигнали керування (сигнал запалювання та сигнал вибору каналу). При перевірках КС за структурними параметрами слід враховувати особливості схемних рішень кожної їх модифікації. Так, наприклад, схеми КС з нормуванням часу накопичення енергії можуть бути побудовані на операційних підсилювачах мікросхем загального призначення або на спеціалізованих мікросхемах автомобільної електроніки (типу L497 В, L482, КР1055ХП2). Останнім часом у системах запалювання застосовуються комутатори струму, виконані за гібридною технологією (інтегральні мікросхеми та безкорпусні елементи). Комутатори такого типу не підлягають відновленню та перевіряються тільки за вихідними параметрами. До переліку при-

строїв такого конструктивного виконання належать комутатори закордонних (BOSCH 0227 100, НІМ 52, RT-1903-RT) та вітчизняних (K5612.3734, K563.3734, K56.3734, 96.3734, 0529.3734) виробників.

Окрему групу складають КС, які застосовуються у системах запалювання з накопиченням енергії в ємнісному елементі. У якості виконавчого (комутуючого) приладу в таких КС в більшості випадків, використовується тиристор замість транзисторного ключа. Перевірка КС такого типу за вихідними параметрами проводиться тільки з реальним навантаженням, а контроль процесів в колі котушки запалювання здійснюється за допомогою двоканального осцилографа (рис. 3.4.11).

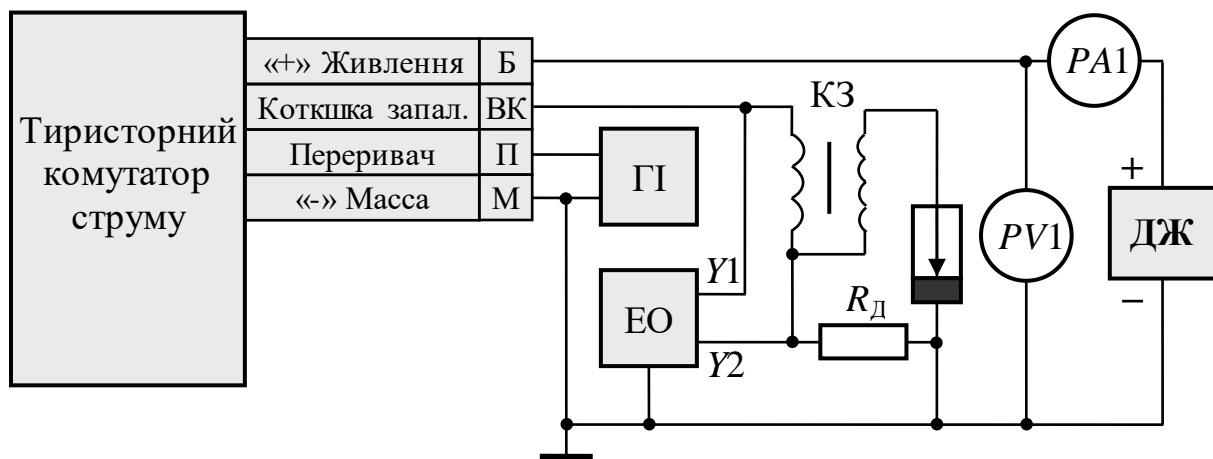


Рис. 3.4.11. Схема підключення зовнішніх приладів для перевірки тиристорного комутатора струму у динамічному режимі

Такі вимоги пояснюються тим, що електричний процес в силовому колі системи носить коливальний характер обміну енергією між котушкою запалювання (зовнішнє навантаження) та конденсатором (міститься в блоці комутатора). Осцилограф дозволяє спостерігати часові діаграми напруги (канал Y1) та струму (канал Y2) у котушці запалювання.

За вихідні діагностичні параметри, які підлягають кількісній оцінці, обираються амплітудні значення напруги на первинній обмотці котушки запалювання та тривалість іскрового розряду. Для непрацездатних КС виконують перевірку за структурними параметрами відповідно до схеми електричної принципової (рис. 3.4.12).

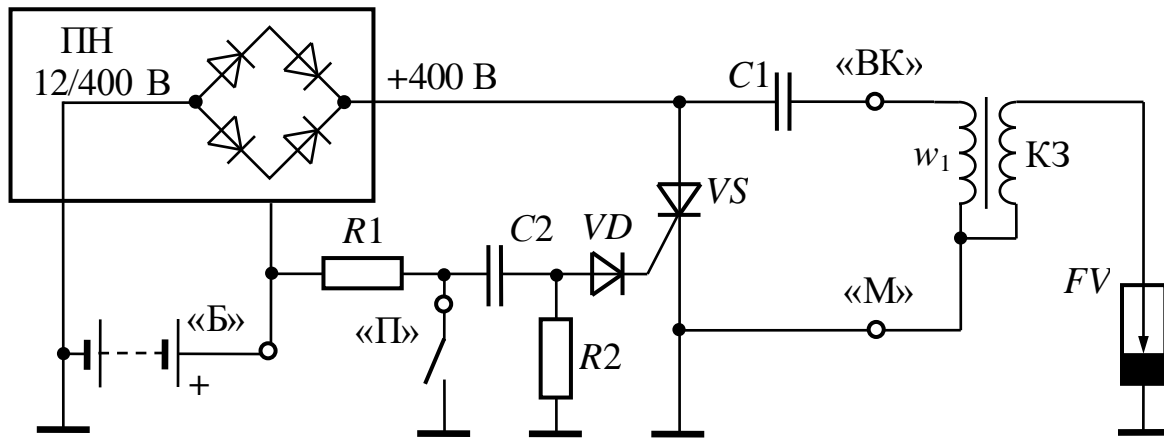


Рис. 3.4.12. Схема тиристорної системи запалювання з накопиченням енергії в ємності

У випадку, якщо КС не забезпечує достатньої напруги (тривалості, енергії) іскроутворення на розряднику, в першу чергу перевіряють елементи, які утворюють коливальний контур (тиристор VS , конденсатор $C1$), потім діоди випрямляча перетворювача напруги ПН та елементи кола керування тиристором VD , $R1$, $R2$, $C2$.

При повній відсутності вихідного сигналу перш за все спостерігають за значенням струму споживання. Якщо струм перевищує номінальні значення – не працює перетворювач напруги або пробиті тиристор VS чи конденсатор $C1$. В такому разі доцільно від'єднати вихід випрямляча та виміряти напругу на ньому. Наявність напруги 300...400 В свідчить про несправність виконавчої частини схеми. Струм споживання, в цьому випадку, буде дорівнювати номінальному значенню режиму спокою. Відсутність напруги, підтверджує несправність перетворювача. Якщо в останньому випадку струм споживання виникає – несправні транзистори перетворювача напруги, якщо ні – обірвано коло живлення.

Подальшу локалізацію несправного елемента доцільно виконувати методом «холодної» перевірки з випаюванням виводів окремих елементів у контрольних точках схеми.

Таким чином, процес діагностування електронних КС являє собою досить складний умовний алгоритм проведення перевірок. Але слід зазначити, що обсяг та зміст діагностичних операцій, що необхідні для остаточного діагнозу (при відновленні блоку) визначаються за фактичним станом пристрою, який на час діагностування невідомий.

3.4.4. Діагностування пристроїв бортової автоматики та контролю

Електронні блоки автомобільної автоматики та контролю різного призначення, залежно від їх функціональної структури, можна поділити на дві групи: пристрої релаксаційного типу, основу яких складає електронний генератор; частотнопараметровані пристрої, в яких частота вхідного сигналу визначає функцію перетворення.

До пристроїв релаксаційного типу, які застосовуються на автомобілі слід віднести електронні реле покажчиків поворотів (РПП) та склоочисників (РСО). Такі пристрої працюють в автоколивальному режимі (реле циклічної дії) та за сигнали керування сприймають факт підключення напруги живлення.

Основу побудови електронних реле циклічної дії складають генератори прямокутних імпульсів (мультивібратори). З метою узгодження потужностних параметрів мультивібратора та навантаження блоків (лампи накаливання, електродвигун) до схеми пристроїв додають вихідні підсилюючі каскади (ключові підсилювачі струму) та виконавчі електромагнітні реле, які забезпечують струмові розвантаження та захист напівпровідникових приладів. Генераторна частина реле циклічної дії може бути реалізована на базі дискретних елементів або на мікросхемі.

У більшості типів електронних РПП окрім основної функції «маневрування» реалізовано додаткові функції: електронний захист від короткого замикання в колі навантаження; режим аварійної сигналізації; контроль несправності ламп.

Використання певного типу РПП на борту автомобіля регламентується не тільки за номінальною напругою живлення, але й за так званою формулою навантаження (вказується безпосередньо на корпусі електронного блоку). Наприклад запис $(21W \times 2) + 3W$ вказує, що в режимі маневрування по кожному борту підключаються по дві сигнальні лампи покажчиків повороту потужністю 21 Вт та працює одна контрольна лампа, потужністю 3 Вт. За цією формулою підбирають опір (потужність) відповідного еквіваленту навантаження при діагностуванні РПП, який знято з автомобіля.

Конструкція блоків РПП в основному відрізняється за конфігурацією та кількістю виводів рознімання зовнішніх підключень. Цокольовка рознімання визначається особливістю схемного рішення пристрою та складом транспортного засобу (з причепом або ні). Згідно прийнятим позначенням виводів рознімання прийняті такі скорочення: П – перемикач; ПП – правий причеп; ЛП – лівий причеп; КП – контрольна лампа причепу; ПБ – правий борт; ЛБ – лівий борт; ПТ – правий передній тягач; ЛТ – лівий передній тягач; ПЗ – правий задній тягач; ЛЗ – лівий задній тягач; КТ – контрольна лампа тягача.

Щодо переліку пошкоджень та ймовірності несправних станів РПП слід відзначити таке. В реле типу РС950Е, РС950И, 231.3747, 49.3747 найбільш ймовірним є вихід з ладу мікросхеми К224552 (таймер). Приблизно половину всіх несправностей складають пошкодження елементів схеми, а другу – пошкодження виконавчого реле. У багатьох випадках причиною несправності системи світлової сигналізації є відсутність або застосування некаліброваних запобіжників у колах живлення навантаження РПП. Значну інформацію про стан реле можна отримати спостерігаючи за реакцією сигнальних ламп навантаження та на підставі зовнішнього огляду монтажу блоку.

Під час діагностування кожного конкретного типу РПП слід враховувати особливості його влаштування та функціонування. Ознаками несправності РПП є відхилення часових параметрів вихідного сигналу (частоти та шпаруватості надходження проблісків, тривалості спрацьовування, допустимого падіння напруги на виконавчому пристрої) від нормованих значень, постійне горіння (або не горіння) сигнальних ламп в режимах маневрування та аварійної сигналізації.

Розглянемо технологію діагностування РПП на прикладах. В системі освітлення та світової сигналізації (СОС), де застосоване реле типу РС-950, лампи укажчиків поворотів постійно не горять (див. п.п. 3.1.4). В такому разі доречно перевіряти РПП за допомогою контрольної лампи без навантаження блоку (рис. 3.4.13, а).

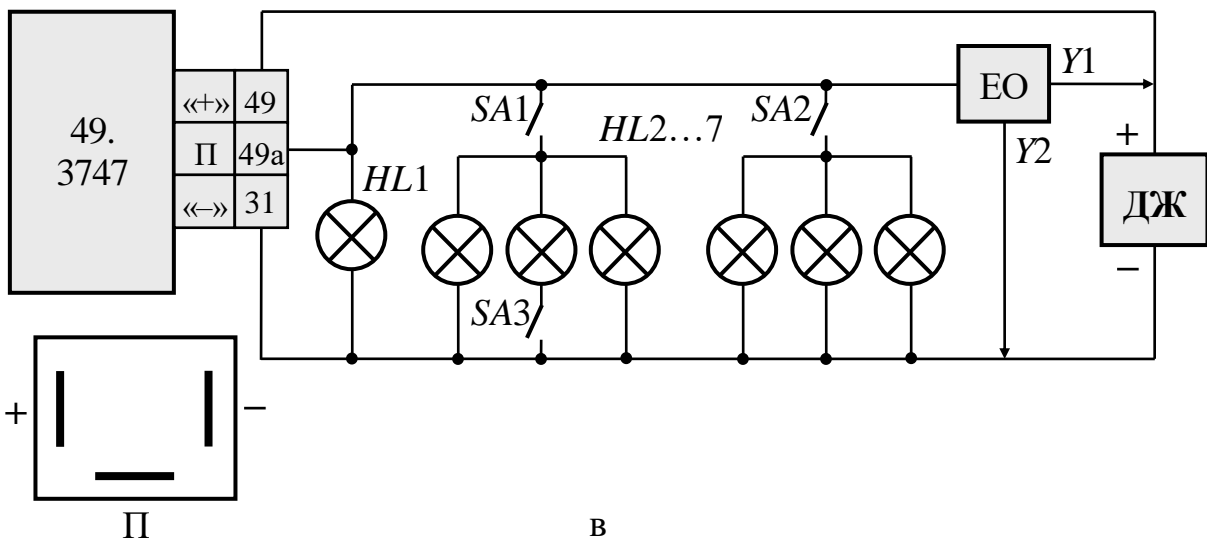
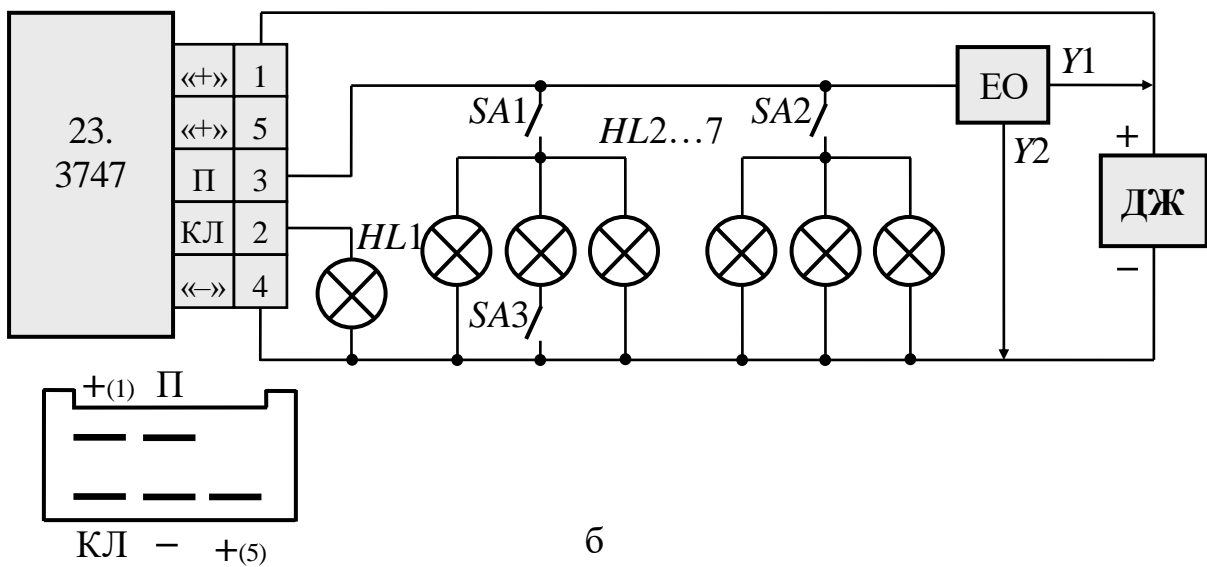
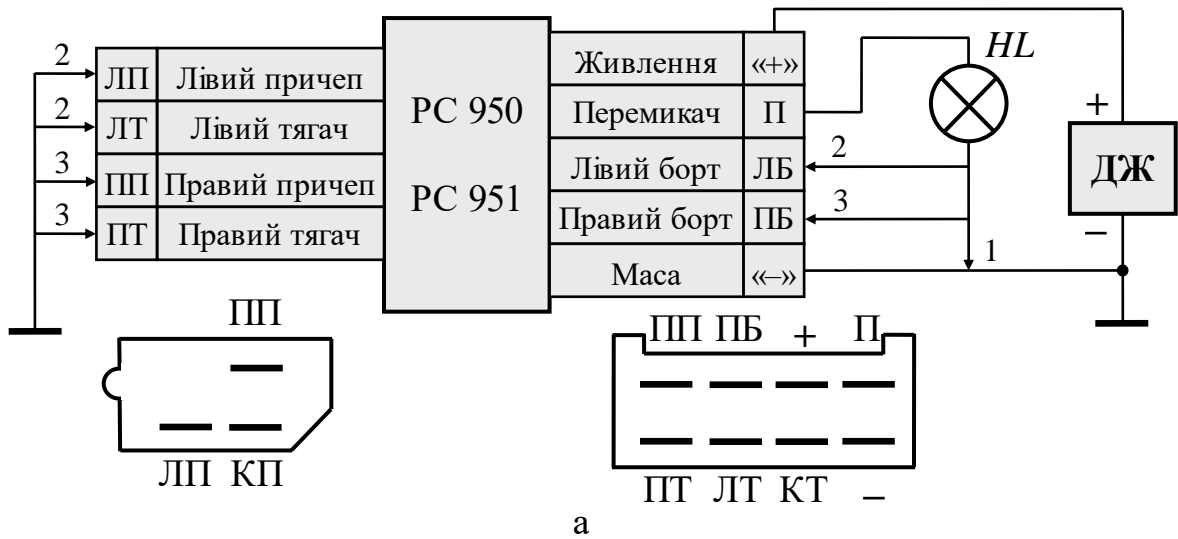


Рис. 3.4.13. Схеми підключень щодо перевірки електронних реле показчиків поворотів типу: а – РС 950; б – 23.3747; в – 49.3747

Мигання контрольної лампи *HL* при її підключенні (поз. 1) свідчить про справність релаксатору (генератору) та комутатору сигнальних ламп. Для перевірки струмових обмоток реле контрольних ламп *HL* до виводів ЛБ, ПБ рознімання (поз. 2, 3). Потім, по черзі замикають на масу виводи ПТ, ЛТ, ЛП, ПП. При справних обмотках (відсутність обриву), контрольна лампа *HL* повинна мигати. Перевірку обмоток також можна виконати за допомогою омметра, шляхом вимірювання опору відповідних кіл.

Якщо *HL*, при цьому горить безперервно, слід локалізувати несправність за структурними параметрами. Постійне горіння *HL* може бути викликане: обривом обмотки виконавчого реле; порушенням монтажу блоку; обривом захисного діоду вихідного каскаду.

В реле типу РС-951А передбачено схему захисту від коротких замикань в колах навантаження, яка складається з вимірювальної частини з виконавчим тиристором. Додатковими причинами відсутності горіння ламп навантаження на відміну від реле РС-950, можуть бути: пробій тиристора, транзистора, конденсатора, або обрив резистора чи діода схеми захисту.

В реле типу 23.3747 схема контролю справності ламп являє собою струмове реле. В разі, якщо одна з сигнальних ламп перегоріла, процес синфазних спалахів на контрольній лампі припиняється, та вона горить постійно, вказуючи на пошкодження кола сигнальних ламп. Схеми перевірки реле за нормованими параметрами наведена на рис. 3.4.13, б.

В схемах модифікованих реле 231.3747 контроль справності здійснюється під час паузи шляхом вимірювання падіння напруги на колі зовнішніх підключень. При перегорянні сигнальної лампи частота спалахів контрольної лампи подвоюється. Аналогічно перевіряються реле типу 49.3747 та 491.3747 (рис. 3.4.13, в).

Електронні реле склоочисників (РСО) здійснюють підключення напруги живлення до електроприводу та електроклапану за двома режимами – автоматичним (при фіксованому положенні перемикача) та одноразовий (при короткочасному натисканні важеля перемикача у нефіксованому положенні). В технічних паспортах на РСО нормуються значення: струмів споживання та навантаження, падіння напруги на комутуючому пристрої, частоти спрацьовуван-

ня. Для тестування РСО забезпечують підключення приладів за схемами, що показані на рис. 3.4.14.

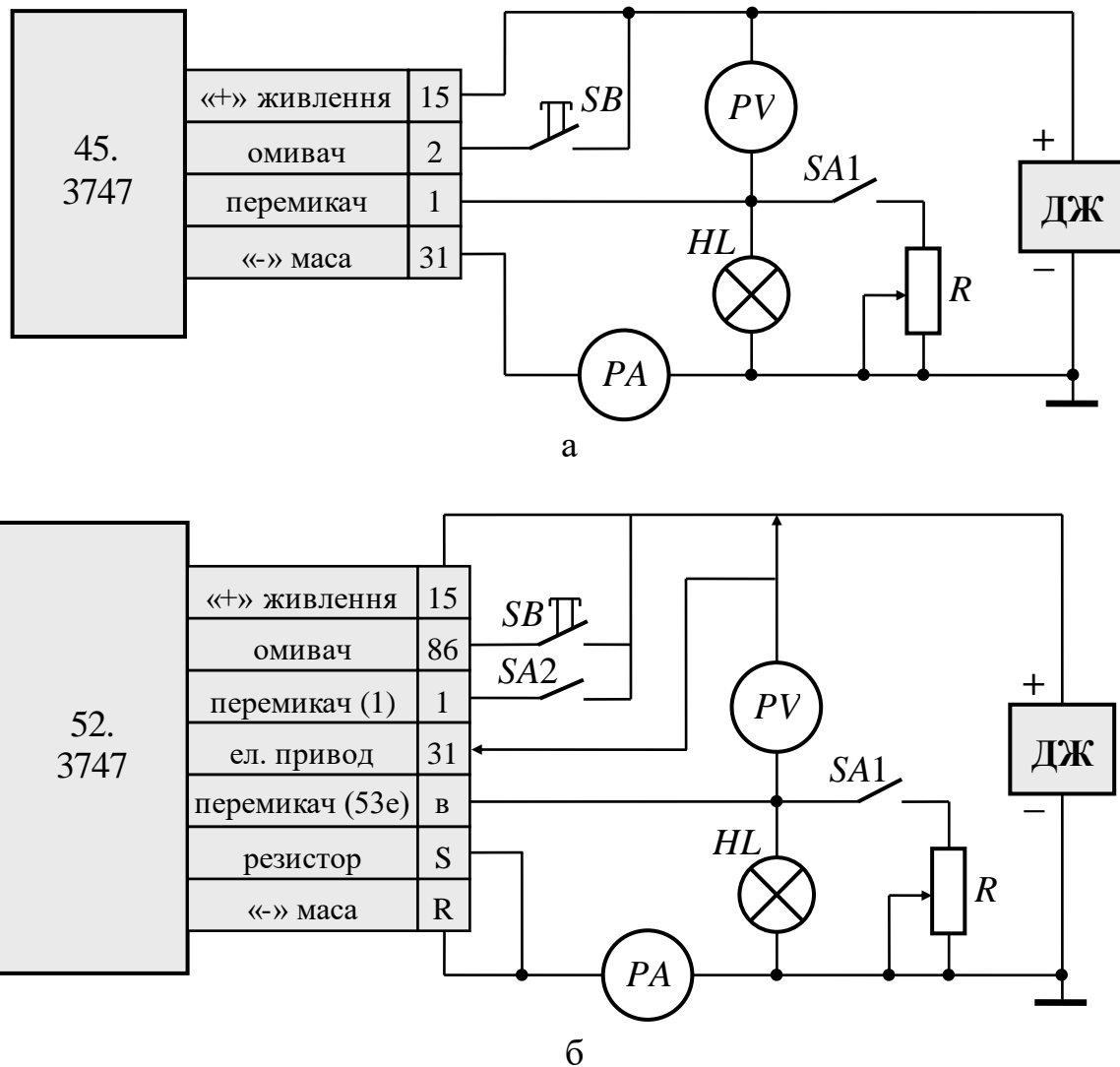


Рис. 3.4.14. Схема підключень, що до перевірки електронних реле склоочисників: а – типу 45.3747; типу 52.3747

Час спрацьовування вимірюють при відключеному навантаженні (вимикач SA1) з моменту підключення живлення (кнопка SB) до моменту відключення контрольної лампи HL. Падіння напруги на комутуючому пристрої вимірюють під навантаженням (SA1 увімкнено) за допомогою вольтметра PV. Струм навантаження, при цьому, встановлюється реостатом R. Струм, який споживається схемою РСО (струм керування) вимірюється без навантаження після натискання кнопки SB (лампа HL при цьому має світити протягом часу спрацьовування).

В РСО типу 52.3747 передбачено режим затримки часу спрацьовування. В цьому режимі відключення електроприводу склоочисника відбувається через певний час після переведення важеля перемикача в початкове положення. За цей період привод забезпечує декілька циклів подвійного ходу на повільній швидкості. Працездатність реле 52.3747 перевіряють аналогічно (рис. 3.4.14, б). Вимикачем SA2 забезпечують циклічний безперервний режим функціонування, а натисканням кнопки SB забезпечують режим затримки.

До групи частотнопараметрованих пристроїв, які застосовуються на автомобілі слід віднести електронні тахометри (ЕТ) та спідометри, блоки керування економайзером примусового холостого ходу (ЕПХХ), реле блокування стартера (РБС), реле захисту двигуна від перебільшення частоти обертання колінчастого валу (РЗП).

Автомобільні електронні тахометри різняться за принципом дії та схемним рішенням: тахометри з електроприводом типу 121.8313; аналогові тахометри, побудовані за схемою одновібратора типу ТХ-193, 251.3813; цифрові тахометри з дискретною індикацією. Для перевірки працездатності ЕТ або його калібрування до нього підключають джерело живлення та імітатор вхідного сигналу керування з регульованою частотою.

Для діагностування ЕТ та спідометрів на борту автомобіля і в умовах дільниці відновлення застосовують спеціалізовані діагностичні (див. рис. 2.3.15, в) або універсальні вимірювальні прилади.

Для тахометрів з електроприводом, сигнал керування забезпечують електромеханічним імітатором зі штатним датчиком (трьохфазним генератором G), який активізується електроприводом ПР з контрольованою частотою обертання (універсальний частотомір Hz або осцилограф). Схема підключення приладів для перевірки показань тахометра наведена на рис. 3.4.15).

Приводом забезпечують середню частоту обертання та контролюють її значення частотоміром. Вмикають перемикач SA. Якщо стрілка тахометра залишається нерухомою, мають місце порушення монтажу блока в нерозгалуженій частині схеми (провідники живлення) або пошкодження конструкції приводу стрілки.

В окремих випадках така реакція може спостерігатися при обриві двох обмоток w чи пробії двох виконавчих транзисторів VT одночасно.

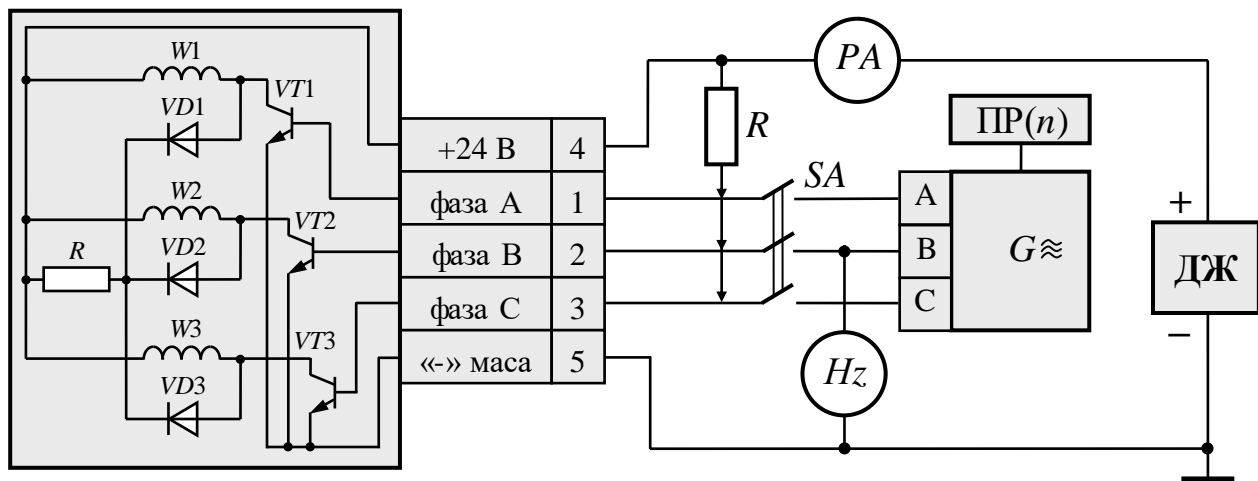


Рис. 3.4.15. Схема перевірки тахометрів з електроприводом типу 121.8312

В разі, якщо показання тахометра значно занижені, пробитий один з транзисторів схеми.

При незначних відхиленнях показань від паспортних даних слід звернути увагу на стан конструкції приводу стрілки та перевірити справність діодів схеми VD , які підключені паралельно обмоткам тахометра. Несправність схеми електричної пристрою локалізують шляхом перевірки опорів між виводами рознімання (рознімання блоку тахометра цілком відключено) або проводять «гарячу» перевірку пристрою у статичних режимах (вимикач SA – розімкнено, виводом R по чергово тестують фази) спостерігаючи за струмом споживання (амперметр PA). Ознакою несправності в колі фази, в такому разі, є не ідентичні показання вимірювальних приладів.

Керування (активізація) тахометра типу ТХ-193 на борту автомобіля здійснюється імпульсною напругою первинної обмотки котушки запалювання. Амплітуда імпульсів, при цьому становить 200...350 В, а тривалість 1...2 мс. Для імітації такого сигналу в умовах дільниці відновлення використовують універсальний генератор прямокутних імпульсів (типу Г5-54), на якому встановлюють відповідну тривалість та частоту імпульсів вихідного сигналу. Щпаруватість надходження імпульсів на максимальній швидкості обертання ДВЗ не повинна перевищувати 50%. Амплітуда імпульсів на виході генератора може обмежуватися на рівні 5...10 В. Щоб забезпечити надходження сигналу (синхроімпульсів) малої амплітуди на вхід схеми одновібратора, треба перемкнути обмежувач резис-

тор $R1$ на вході схеми тахометра (рис. 3.4.15, б). В деяких комбінаціях приладів цей резистор монтується відокремлено на друкованій платі поблизу корпусу тахометра.

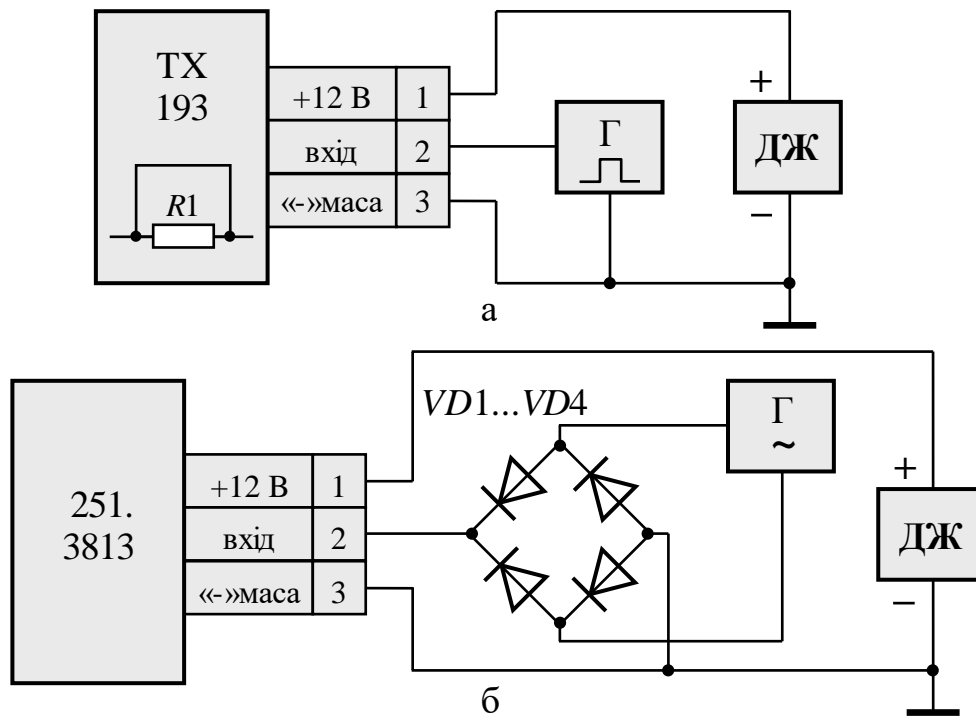


Рис. 3.4.16. Схеми перевірки електронних тахометрів:
а – типу TX-193; б – типу 251.3813

Під час калібрування працездатного тахометра його показання корегують шляхом підбору параметрів елементів час-задавального RC -кола одновібратора. Частота імпульсів, що встановлюється на генераторі під час тестування тахометра визначається робочими обертами n , кількістю циліндрів z , та тактністю двигуна j , за формулою $f = nz / 60j$.

Електронний тахометр типу 251.3813 на борту автомобіля активізується пульсаціями випрямляча генератора системи електропостачання. Щоб імітувати такий сигнал в умовах дільниці, використовують генератор гармонійних коливань (типу ГЗ-102), на виході якого підключають двохнапівперіодний випрямляч (рис. 3.4.16, б).

На генераторі встановлюють амплітуду тестового сигналу $1 \dots 5$ В, а частоту, значення якої визначається через кількість фаз автомобільного генератора m , кількість напівперіодів випрямляча – p та передаточне співвідношення приводу генератора k за формулою $f = nmk / 60p$. Локалізація несправності ЕТ до рівня структу-

рного елемента виконується розглянутими раніше методами «холодних» та «гарячих» перевірок за вихідними та структурними діагностичними параметрами.

Блоки керування ЕПНХ різного типу (для різних ДВЗ) різняться за схемним рішенням, способом підключення до зовнішньої мережі та вихідними параметрами (обертами спрацьовування), які мають забезпечувати. Під час діагностування системи автоматичного керування ЕПНХ на борту автомобіля і в умовах дільниці відновлення використовують спеціалізовані діагностичні (див. рис. 2.3.3, б) або універсальні вимірювальні прилади. При перевірці працездатності означених блоків за допомогою універсальних вимірювальних приладів, враховують особливості підключення контактної датчика зачиненого стану дросельної заслінки SA та обмоток електромагнітних клапанів R_E (рис. 3.4.17).

Вхідний частотний сигнал керування на борту автомобіля надходить від котушки запалювання (як у тахометрів відповідного типу). У якості навантаження схеми блоку обирають резистивний еквівалент опором $R_E = 33 \text{ Ом}$, потужністю не менше 5 Вт. За показаннями вольтметра PV1 реєструють спрацьовування блоку на граничних частотах. Падіння напруги на виконавчому транзисторі схеми визначають як різницю між напругою живлення та напругою, що показує вольтметр PV1. Напруга на відчиненому транзисторі (у стані насичення) не повинна перевищувати 0,5 В. Струм, що споживається справними блоками типу 14.3723, 25.3761, 50.3761 під навантаженням не перевищує 0,4 А, а для блоку типу 1102.3761, який працює з двома електромагнітними клапанами, номінальний струм удвічі більший.

На відзнаку від попередніх модифікацій, у блоці типу 1102.3761 використовується додатковий параметр (сигнал керування), який формується датчиком температури. Цей сигнал «забороняє» або «дозволяє» відключення подачі палива на обертах примусового холостого ходу в залежності від температурного стану ДВЗ. Опір терморезисторного датчика імітують змінним резистором $R_{ДТ}$ (1,2...3,6 кОм). Температурний стан двигуна непрямо оцінюють за значенням напруги, яку вимірюють вольтметром PV2 (рис.3.4.17,в).

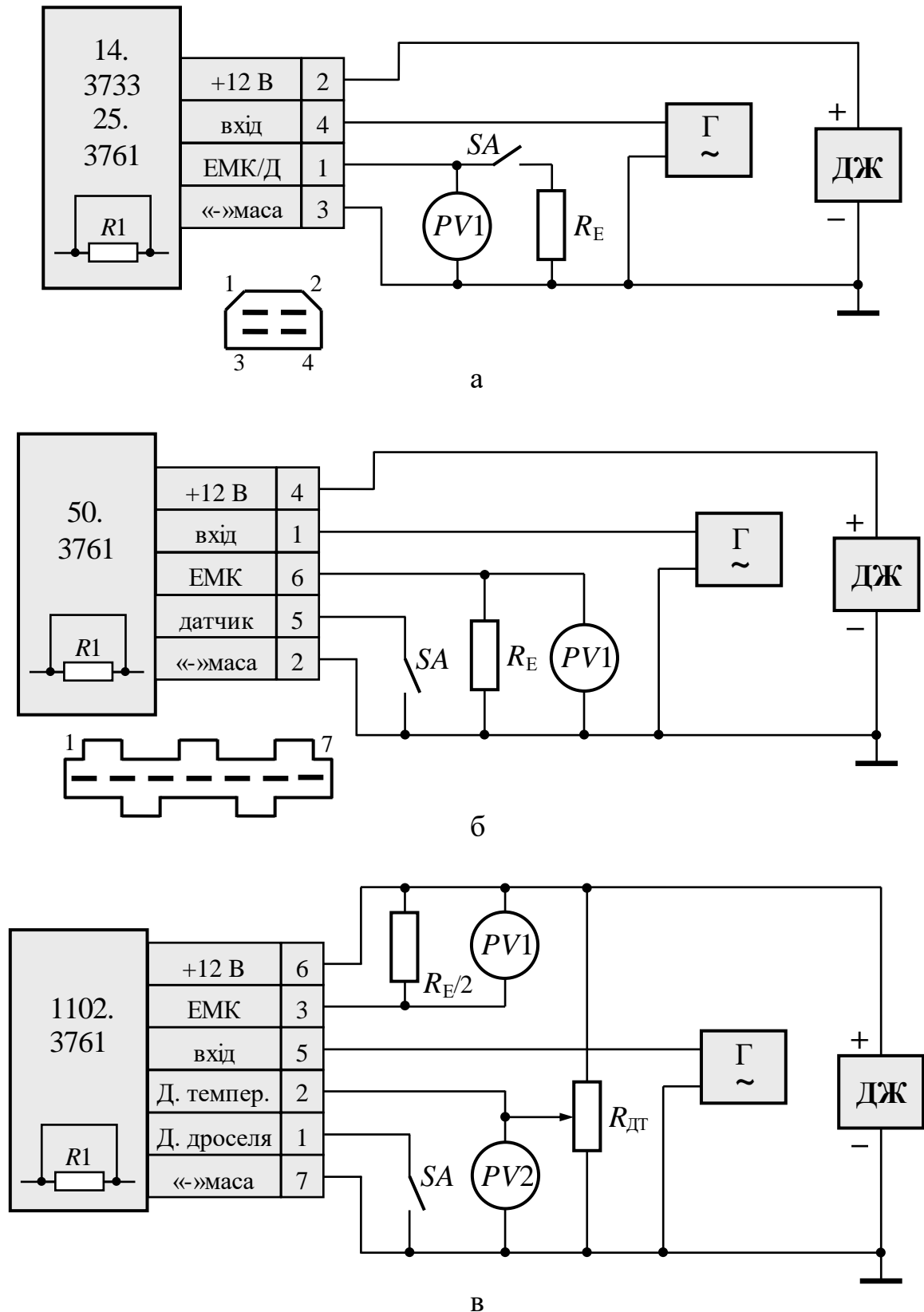


Рис. 3.4.17 Схеми перевірки блоків керування ЕПХХ:
а – типу 14.3733; б – типу 503761; в – типу 1102.3761

В системах з блоками керування ЕПХХ типу 5003.3761, 501.3761, 5013.3761, 502.3761, 5023.3761 частотний сигнал, що відповідає швидкості обертання ДВЗ отримується на низьковольтному рівні (сигнал датчика Холла і структурні сигнали комутаторів струму системи запалювання, пульсації напруги генератора системи електропостачання).

При діагностуванні блоків такого типу, перемикачі обмежуючі резистори на вході схеми непотрібно. В разі необхідності, корекція граничних частот спрацьовування здійснюється шляхом підбору опорів резисторів схеми перетворювача частоти.

Під час діагностування системи автоматичного відключення стартера на борту автомобіля і в умовах дільниці відновлення використовують спеціалізовані діагностичні (див. рис. 2.3.3, а) або універсальні вимірювальні прилади (рис. 3.4.18.)

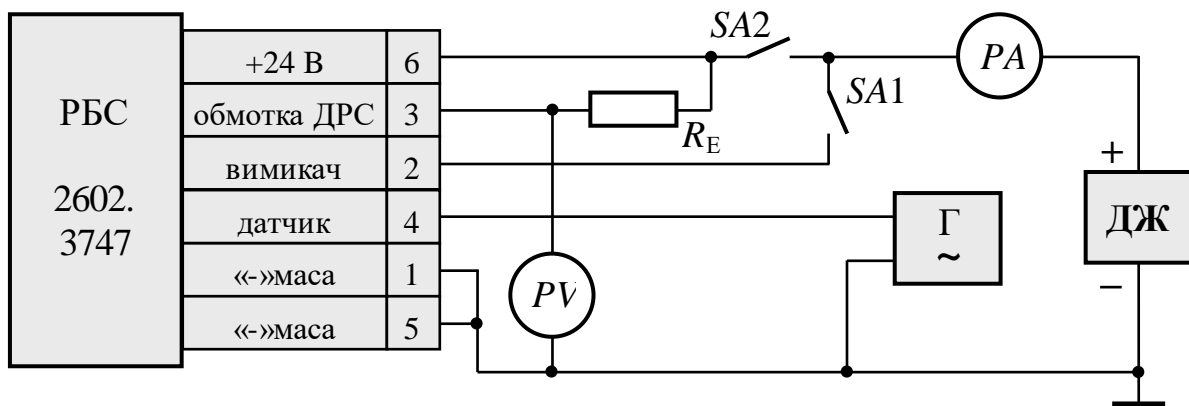


Рис. 3.4.18. Схема перевірки електронного реле блокування стартера

За еквівалент навантаження (обмотки додаткового реле стартеру) обирають резистор R_E з електричним опором 47 Ом та потужністю не менше 10 Вт. Як імітатор сигналу датчика використовують звуковий генератор типу ГЗ-102, на виході якого встановлюють значення напруги 10 В при мінімальній частоті сигналу $f_{\min} = 16$ Гц.

Тестування РБС виконується в такій послідовності. Вмикають вимикач SA1 (перевід триггеру вихідної частини схеми в початковий стан). При цьому, струм у колі живлення має скласти не більше 0,03 А, а напруга, що вимірюється вольтметром, встановиться на рівні 0,03 В. При подачі імпульсів з частотою f_{\min} , струм, споживаний схемою, повинен збільшитися на 10...20%. Потім вимикачем SA2 підключають живлення до навантаження. Струм у колі живлення,

при цьому, має підвищитись до рівня 0,54 А, а напруга на виводі 3 до рівня 0,05 В. Далі поступово підвищують частоту сигналу на вході РБС, доки пристрій не спрацює (зазвичай частота спрацьовування $f_{\max} = 30$ Гц). Відключення навантаження, на цей момент, спостерігають за реакцією амперметра (зниження сили струму до 0,04 А) та вольтметра (підвищення напруги до рівня 20 В). Частота спрацьовування f_{\max} порівнюється з паспортними даними.

В разі незначного відхилення частоти f_{\max} від нормованого значення виконують корегування параметрів схеми перетворювача частоти за допомогою добіркового резистора. Якщо таке втручання не дає позитивного результату, підбирають відповідний тип стабілітрону схеми порівняння.

Після визначення частоти спрацьовування перевіряють функціонування схеми захисту від повторного вмикання стартера при працюючому ДВЗ. Для цього вимикають та знов вмикають SA2 (SA1 залишається увімкненим). Показання приладів PV, PA при цьому не повинні змінюватися. Для остаточної перевірки тригерної частини схеми вимикають обидва вимикача, зменшують частоту генератора до значення f_{\min} , потім по чергово вмикають SA1 та SA2, повторюючи операції тестування.

Реле захисту від перевищення частоти обертання ДВЗ функціонує та перевіряється аналогічно РБС (рис. 3.4.19).

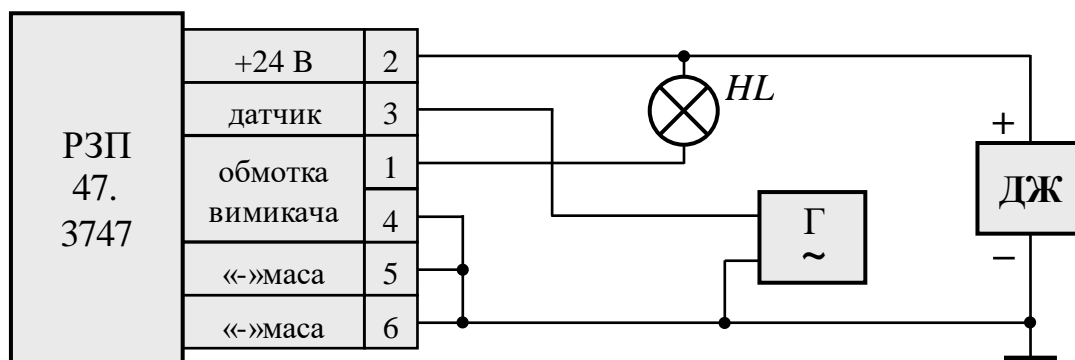


Рис. 3.4.19 Схема підключень приладів до електронного реле захисту

Виконавчим пристроєм такого блоку є електромагнітне реле з комутуючою здатністю до 10 А. Спрацьовування реле за паспортними даними відбувається на максимальній частоті обертання двигуна ($f_{\max} = 56$ Гц) та реєструється сигнальною лампою HL.

Контрольні запитання до розділу 3

1. Назвіть параметри системи електропостачання які розглядаються як діагностичні?
2. Перелічіть симптоми несправностей системи електропостачання.
3. Назвіть несправності, що викликають відключення всіх споживачів електроенергії борта.
4. Назвіть несправності, що викликають відключення окремих споживачів електроенергії борта.
5. Які ознаки свідчать про недостатній заряд АКБ?
6. Які ознаки свідчать про надмірний заряд АКБ?
7. Назвіть можливі несправності, що викликають відсутність заряду АКБ при працюючому ДВЗ.
8. Назвіть несправності, що призводять до недостатнього заряду АКБ.
9. Назвіть причини, що викликають надмірний заряд АКБ.
10. Які ознаки свідчать про несправність регулятора напруги?
11. Які ознаки свідчать про несправність генератора?
12. Перелічіть симптоми несправностей системи пуску ДВЗ.
13. Назвіть можливі несправності, що викликають самовільне вимикання стартера.
14. Які несправності не дозволяють здійснити включення стартера?
15. Назвіть причини повільного обертання стартера.
16. Які несправності призводять до механічного роз'єднання стартера з колінчастим валом у режимі пуску?
17. При яких несправностях, обертання стартера супроводжується стороннім гуркотом?
18. При яких несправностях не відбувається відключення стартера після пуску ДВЗ?
19. Які несправності стартера викликають надмірне нагрівання його корпусу?
20. Перелічіть симптоми можливих несправностей системи запалювання.

21. Які несправності системи запалювання не дозволяють запустити ДВЗ?

22. Які несправності системи запалювання викликають утруднений пуск ДВЗ?

23. Назвіть можливі несправності системи запалювання, які викликають нестабільну роботу ДВЗ.

24. Які несправності приводять до зупинки ДВЗ після вимикання стартера?

25. Перелічіть несправності системи запалювання, що викликають завищену витрату палива і зниження потужності ДВЗ.

26. Перелічіть електричні системи ДВЗ, несправність яких можна визначити на підставі зовнішнього огляду свічі запалювання.

27. Які несправності систем ДВЗ спричиняють відкладення нагару на електродах та тепловому конусі свічок запалювання?

28. Які несправності систем ДВЗ спричиняють відкладення мастила на електродах та тепловому конусі свічок запалювання?

29. До яких наслідків приводить експлуатація свічок запалювання з еродованими електродами?

30. Які вимоги висуваються до стану фар головного освітлення?

31. За якими параметрами перевіряється система світлової сигналізації?

32. За якими параметрами перевіряється система звукової сигналізації?

33. Наведіть симптоми несправностей системи освітлення.

34. Наведіть симптоми несправностей системи світлової сигналізації?

35. Назвіть характерні несправності системи освітлення і сигналізації.

36. Які симптоми свідчать про наявність несправностей у системі контрольно-вимірювальних приладів?

37. Які несправності вимірювальних кіл можна виявити по граничних положеннях стрілок показчиків?

38. Назвіть причини нерухомості стрілки спідометра при русі автомобіля.

39. Назвіть причини різких коливань стрілки спідометра при русі автомобіля.

40. На підставі яких параметрів та ознак оцінюють технічний стан АКБ.

41. Які комплексні показники розглядаються під час діагностування електрообладнання автомобіля?

42. Перелічіть загальні операції процедури діагностування ДВЗ за допомогою мотор-тестера.

43. Які дані перевіряють під час типової перевірки ДВЗ на холостому ході?

44. Перелічіть несправності, які ідентифікуються за осцилограмою напруги вторинного кола системи запалювання на ділянці накопичення енергії.

45. Назвіть фактори, що спричиняють підвищення рівня напруги вторинного кола.

46. Назвіть фактори, що спричиняють зниження рівня напруги вторинного кола.

47. Перелічіть несправності, які ідентифікуються за осцилограмою напруги вторинного кола системи запалювання на ділянці горіння іскри.

48. Перелічіть несправності, які ідентифікуються на перехідній ділянці осцилограми напруги вторинного кола системи запалювання.

49. Назвіть несправності систем ДВЗ, що спричиняють збільшення змісту вуглеводню CH_4 у відпрацьованих газах.

50. Назвіть несправності систем ДВЗ, що спричиняють збільшення змісту окису вуглецю CO у відпрацьованих газах.

51. Назвіть несправності систем ДВЗ, що спричиняють зменшення змісту кисню O_2 у відпрацьованих газах.

52. Назвіть несправності систем ДВЗ, що спричиняють збільшення змісту окислів азоту NO_x у відпрацьованих газах.

53. Наведіть способи діагностування АКБ в електровідділенні.

54. Які несправності АКБ виявляють при зовнішньому огляді?

55. Як визначається ступінь розряду АКБ?

56. Як виконується контрольний розряд АКБ?

57. Назвіть способи визначення фактичної ємності АКБ.

58. Наведіть способи діагностування електростартерів в електровідділенні.

59. Які параметри використовуються у якості діагностичних при оцінці технічного стану стартера?

60. Назвіть способи діагностування стартера в умовах електровідділення.

61. Перелічіть діагностичні операції, що виконуються при розбиранні стартера.

62. У чому полягає регулювання механізму привода стартера?

63. Яким чином виконується регулювання стартерів?

64. Наведіть способи діагностування генераторів в електровідділенні.

65. Назвіть способи діагностування генераторів в зборі.

66. Перелічіть діагностичні операції, що виконуються при проведенні технічного обслуговування генераторів.

67. Перелічіть несправності переривників-розподільників, які виникають під час експлуатації?

68. Назвіть способи виявлення та усунення несправностей переривників-розподільників в умовах електровідділення.

69. Перелічіть експлуатаційні несправності автоматів випередження запалювання?

70. Назвіть способи виявлення та усунення несправностей автоматів випередження запалювання в умовах електровідділення

71. Назвіть способи перевірки катушок запалювання в умовах електровідділення?

72. Які параметри та ознаки використовуються у якості діагностичних при оцінці технічного стану свічок запалювання?

73. Яким чином перевіряються свічі запалювання в умовах електровідділення.

74. Перелічіть характерні експлуатаційні несправності електромагнітних автомобільних реле.

75. Які параметри використовуються в якості діагностичних при оцінці стану автомобільних реле різного призначення?

76. Як виконується регулювання електромагнітних реле?

77. В чому полягає перевірка показчиків системи контрольновимірювальних приладів на спеціальному приладі.

78. В чому полягає перевірка датчиків системи контрольновимірювальних приладів.

79. Яким чином виконується перевірка і калібрування приладів вимірювання температури охолоджуючої рідини?

80. Яким чином виконується перевірка і калібрування приладів вимірювання тиску мастила?

81. Яким чином виконується перевірка і калібрування вимірювача рівня палива в баку?

82. Наведіть перелік блоків автомобільної електроніки за призначенням.

83. Назвіть методи діагностування електронних блоків за вихідними параметрами.

84. Назвіть методи діагностування електронних блоків за структурними параметрами.

85. Опишіть загальну процедуру відновлення електронних блоків.

86. В чому полягає метод діагностування за температурними потенціалами?

87. Яким чином перевіряються напівпровідникові прилади схем електронних пристроїв у «гарячому» стані?

88. Яким чином перевіряються напівпровідникові прилади у «холодному» стані?

89. Які діагностичні засоби доречно застосовувати на дільниці відновлення електронних блоків?

90. Які вихідні параметри електронних регуляторів напруги розглядаються як діагностичні?

91. Які діагностичні параметри використовуються при локалізації несправних елементів схем та пошкоджень монтажу в регуляторах напруги?

92. Наведіть методику діагностування регуляторів напруги за струмом споживання.

93. Наведіть методику діагностування регуляторів напруги за режимами постійної напруги.

94. Наведіть методику діагностування регуляторів напруги за картою опорів.

95. Наведіть методику діагностування комутаторів струму за ключовими станами.

96. Поясніть особливості діагностування комутаторів струму систем запалювання з нормованим часом накопичення енергії.

97. За якими нормованими параметрами перевіряються комутатори струму з нормуванням часу накопичення енергії?

98. Наведіть загальну послідовність способів локалізації несправного елемента схеми комутаторів струму з нормуванням часу накопичення енергії.

99. Поясніть особливості діагностування комутаторів струму систем запалювання з накопиченням енергії в ємнісному елементі.

100. В чому полягає перевірка працездатності електронних реле показчиків повороту?

101. Наведіть методику діагностування тахометрів з електроприводом.

102. Які вихідні параметри блоку керування економайзером примусового холостого ходу розглядаються як діагностичні?

103. Наведіть методику діагностування блоків керування економайзером примусового неробочого ходу за вихідними параметрами.

104. Які вихідні параметри електронних реле блокування стартера розглядаються як діагностичні?

105. Наведіть методику діагностування електронних реле блокування стартера.

106. Як здійснюється калібрування електронних реле блокування стартера та реле захисту від перевищення обертів двигуна?

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АКБ – акумуляторна батарея;

АТЗ – автотранспортні засоби;

АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

ВЗ – вимикач запалювання;

ДВЗ – двигун внутрішнього згорання;

ЕБ – електронний блок;

ЕОА – електрообладнання автомобіля;

ЕПХХ – економайзер примусового холостого ходу;

ЕРС – електрорушійна сила;

КВЗ – кут випередження запалювання;

КЗ – котушка запалювання;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КС - комутатор струму;
МВХ – муфта вільного ходу;
ПР – переривник;
РБС – реле блокування стартера;
РЗП – реле захисту ДВЗ від перебільшення обертів;
РН – регулятор напруги;
РПП- реле показчиків повороту;
РСО – реле склоочисників;
СЕР – система електростартерного пуску;
СБЕ – система бортового електропостачання;
СЗП – система запалювання;
СВП – система контрольно-вимірювальних приладів;
ТО – технічне обслуговування;

ЛІТЕРАТУРА

1. Акимов С.В., Боровских Ю.И., Чижков Ю.П. Электрическое и электронное оборудование автомобилей.–М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
2. Бороденко Ю.М. Діагностика електрообладнання автотранспортних засобів: Навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2006.- 316 с.
3. Введение в техническую диагностику /Под общ. ред. К.Б. Карандеева. - М.: Энергия, 1968.-224 с.
4. Диагностирование автомобилей. Практикум: учеб. Пособие / А.Н. Карташевич и др.; под. ред. А.Н. Карташевича. – Минск: Новое издание; М.: ИНФРА-М, 2011. – 208 с.
5. Крюков О.М., Толстіков В.Ф. Аналогові засоби вимірювальної техніки. Навчальний посібник. –Харків: ХНАДУ, 2007. –448 с.
6. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобилей: справочное пособие в 6 томах. Том 4. Средства диагностирования (книга 1) / В.Д. Мигаль. – Х.: Из-во Майдан, 2012. – 596 с.
7. Основы технической диагностики.- Кн.1. (Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза) /Ред. П.П. Пархоменко. – М.: Энергия, 1976. – 464 с.
8. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. Основы технической диагностики. Кн.2. Оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратурные средства. - М.: Энергия, 1981. – 320 с.
9. Сергеев А.Г., Ютт В.Е. Диагностирование электро-оборудования автомобилей. – М.: Транспорт, 1992. – 262 с.
10. Тиль Р. Электрические измерения неэлектрических величин: Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 192 с.

11. Тимофеев Ю.Л., Ильин Н.М. Электрооборудование автомобилей (неисправности и ТО). – М.: Транспорт, 1981. – 148 с.
12. Чижков Ю.П., Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей. Учебник для ВУЗов. – М.: изд.- «За рулем», 1999. – 384 с.
13. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей: Учебник для автодор. вузов. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
14. Ярмолик В.Н. Контроль и диагностика цифровых узлов ЭВМ. – Минск: Наука и техника, 1988.- 240 с.
15. ГОСТ 20911-75 «Техническая диагностика. Термины и определения».

Предметний покажчик

А	Д
авто-тестер 107	діагноз 9
активізатор 54	діагностика
алгоритм діагностування 9, 41, 187	технічна 8
Б	- бортова 98, 129
бортова діагностична система 128	- ймовірнісна 17
В	- комплексна 150
відмови 12:	детерміністська 18
поступові 13	агрегатна 118
раптові 13	дефект 8
залежні 13	діагностична:
незалежні 13	система 8, 54
конструкторські 13	- модель 20:
виробничі 13	функціональна 20
ремонтні 13	дискретна 20, 24
експлуатаційні 13	цифрова 20, 30
відцентровий автомат 178	установка 54
вимірювач 56	діагностичне:
вимоги до діагностичного параметра	обладнання 54
- чутливість 14	устаткування 54
інформативність 14	діагностичний:
стабільність ДП 14	параметр 10
технологічність 14	тест 9, 35
відгуки технічної системи 17	прилад 53
Г	пристрій 54
газоаналізатор 111	стенд 54
глибина пошуку 8	інструмент 55

- комплекс 55
- сканер 112
- тест 18

діагностичні параметри:

- АКБ 170
- стартера 172
- генератора 175
- апаратів запалювання 177
- електромагнітних реле 180
- вимірювальних приладів 182

діагностичні параметри системи:

- електропостачання 129
- пуску 132
- запалювання 135
- освітлення і сигналізації 144
- контрольно-вимірювальних приладів 146

Е

еквівалент навантаження 191

електроні блоки 185:

- комутаторів струму 185, 194
 - типу ТК-102 195
 - типу ТК-200 196
 - типу 36.3734 198
 - типу 42.3734 202
- з накопиченням в ємності 203
- тахометрів 185
 - типу 121.8313 210
 - типу ТХ-193 211
 - типу 251.3813 212
- регуляторів напруги 185, 191
- економайзерів примусового холостого ходу 185
 - типу 14.3723 213
 - типу 25.3761 213
 - типу 50.3761 214
 - типу 1102. 3761 215

З

засоби діагностики 53

- комбіновані 62
- найпростіші 58
- альтернативні 63
- спеціалізовані 58

- спеціальні 59
- універсальні 59
- комплексні 62

засоби індикації 60

- моніторні 57
- стрілочні 57
- цифропоказуючі 57
- стробоскопічні 57
- осцилоскопічні 57

значення діагностичного параметра

- номінальне 12
- гранично допустиме 12

зображення осцилографа 76:

- парад циліндрів 80
- растрове 82
- послідовне 76
- суміщене 77
- кругової розгортки 82

І

ідентифікація несправності

- структурна 19
- параметрична 19

імітатор періодичних сигналів 52

Й

ймовірність технічного стану 39

К

карта:

- опорів 195
- потенціалів 193

контроль технічного стану 8

М

матриця станів 20

методи аналізу:

- еквівалентної нормальної форми 38
- скороченого перебору 36

методи вимірювання 88:

- індукційний 93
- амперметра-вольтметра 84
- осцилоскопічний 75
- фотометрія 95
- тензометрія 90
- каталітичного допалювання 95

методи діагностики:

- суб'єктивні 15
- апаратні 16
- заміни 17
- безмоторний 81
- моторний 81
- мигметр 105
- мотор-тестер** 114, 115
 - консольний 116
 - модульної конструкції 116
 - портативний 117

Н

- навантажувальна вилка 104, 171

О

- об'єкт діагностування 9, 53
- оптимізований алгоритм 38

осцилограф:

- автомобільний 116
- електромеханічний 79
- електронно-променевий 79
- запам'ятовуючий 79
- багатопроневий 80
- багатоканальний 80

П**пристрої:**

- релаксаційного типу 205
- частотнопараметровані 205

перевірки 9:

- холодна 186
- гаряча 186
- за постійною напругою 189
- за струмом споживання 186
- за опорами рознімання 186
- за потенціалами транзистора 188
- за змінною напругою 189
- за температурними потенціалами 190
- за потенціалами в контрольних точках 193

прилади:

- контролю реле блокування стартера 105
- контролю системи керування еко-

номайзером примусового холостого ходу 106

контролю системи нейтралізації відпрацьованих газів 106

перевірки контрольно-вимірювальних приладів 106

перевірки якорів 123

дефектоскоп обмоток 123

перевірки свічок запалювання 123

перевірки спідометрів 124

альтернативні 66

безальтернативні 66

контрольно-вимірювальні 182

Р

реглюскоп 112, 144

реле

електромагнітне 180

включення стартера 182

- блокування стартера 185, 215

- захисту від перебільшення обертів ДВЗ 185, 216

контролю заряду 182

звукового сигналу 182

- показчиків поворотів 182, 185

- типу РС-950 206

- типу 23.3747 208

- типу 49 3747 208

- склоочисників 185

- типу 45.3747 209

- типу 52.3747 209

- блокування стартера

С

симптом несправності 10, 129

сканер

діагностичний 112

програмний 114

система:

- вмонтованих датчиків 126

- діагностики 9

- самодіагностики 128

стан системи:

- справна 12

- несправна 12

- дієдатна 12
- недієдатна 12
- стимули технічної системи 17
- стробоскоп 104

стенди:

- контрольно-вимірювальні 118
- стаціонарні 118
- перевірки елементів систем запалювання 120
- універсальні 122
- комплексних перевірок 122

Т

- таблиця несправностей (ТН) 21
- таблиця покриттів 33
- тестер 58
- тестер АКБ 124,125
- технічний стан об'єкта 8

Ф

- функціональний блок 20
- функціональна прив'язка 32
- функція таблиці покриттів 34
- функція переваги 41

Ц

- ціна перевірки 35
- ціна алгоритму діагностування 3

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ.....	5
1.1. Основні положення предмету технічної діагностики.....	5
1.1.1. Основні визначення, аспекти та завдання технічної діагностики.....	5
1.1.2. Властивості та параметри технічних систем.....	8
1.1.3. Види та способи перевірок технічних систем.....	12
1.2. Побудування та аналіз діагностичних моделей електричних систем.....	17
1.2.1. Побудування та аналіз функціональної діагностичної моделі.....	17
1.2.2. Побудування та аналіз дискретної діагностичної моделі.....	21
1.2.3. Вирішення нерозрізнювальності станів в таблицях несправностей.....	24
1.2.4. Особливості побудування цифрових діагностичних моделей.....	27
1.3. Методи визначення діагностичних тестів та побудування алгоритмів діагностування.....	30
1.3.1. Формування таблиці покриттів та її властивості.....	30
1.3.2. Визначення діагностичних тестів методом скороченого перебору.....	33
1.3.3. Визначення діагностичних тестів методом еквівалентної нормальної форми.....	35
1.3.4. Критерії оптимізації алгоритмів діагностування.....	38
1.3.5. Побудування алгоритмів діагностування.....	39
<i>Контрольні запитання до розділу 1</i>	44
Розділ 2. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АТЗ.....	47
2.1. Принципи побудування діагностичних приладів.....	47
2.1.1. Загальні зауваження.....	47
2.1.2. Класифікаційні ознаки засобів діагностики.....	48
2.1.3. Структура та конструкція діагностичних приладів.....	52
2.1.4. Функціональність діагностичних приладів.....	57
2.1.5. Особливості діагностування електрообладнання АТЗ.....	59
2.2. Способи вимірювання діагностичних параметрів електричних систем.....	63
2.2.1. Вимірювання напруги та струму.....	63
2.2.2. Використання вимірювальних генераторів і вимірювання частоти сигналу.....	69
2.2.3. Осцилоскопічні вимірювання.....	74
2.2.4. Вимірювання електричного опору.....	84
2.2.5. Електричні вимірювання неелектричних величин.....	87
2.3 Характеристика засобів діагностики електрообладнання АТЗ.....	96
2.3.1. Засоби бортової діагностики.....	96

2.3.2. Засоби комплексної діагностики.....	103
2.3.3. Засоби агрегатної діагностики.....	112
2.3.4. Вмонтовані засоби діагностики.....	119
<i>Контрольні запитання до розділу 2.....</i>	<i>122</i>

Розділ 3. МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ.....	127
3.1. Виявлення несправностей на підставі симптом та ознак їх прояву.	127
3.1.1. Несправності системи електропостачання.....	127
3.1.2. Несправності системи пуску.....	130
3.1.3. Несправності системи запалювання.....	133
3.1.4. Пошук несправностей системи освітлення і сигналізації.....	142
3.1.5. Несправності системи контрольно-вимірювальних приладів.....	144
3.2 Апаратна діагностика за комплексними показниками.....	148
3.2.1. Технологія діагностування за допомогою мотор-тестера.....	148
3.2.2. Локалізація несправностей системи запалювання.....	150
3.2.3. Використання показань газоаналізатора.....	159
3.2.4. Додаткові функції та режими сучасних мотор-тестерів.....	166
3.3. Агрегатна діагностика електричних пристроїв АТЗ.....	167
3.3.1. Діагностування стартерних АКБ.....	167
3.3.2. Діагностування і регулювання електростартерів.....	170
3.3.3. Методи діагностування автомобільних генераторів.....	173
3.3.4. Несправності апаратів запалювання і способи їх виявлення.....	175
3.3.5. Діагностування і регулювання електромагнітних реле.....	178
3.3.6. Діагностування контрольно-вимірювальних приладів.....	180
3.4. Діагностування блоків автомобільної електроніки на ділянці відновлення.....	183
3.4.1. Загальні принципи діагностування електронних пристроїв.....	183
3.4.2. Діагностування електронних регуляторів напруги.....	189
3.4.3. Діагностування комутаторів струму систем запалювання.....	192
3.4.4. Діагностування пристроїв бортової автоматики та контролю.....	203
<i>Контрольні запитання до розділу 3.....</i>	<i>215</i>

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ.....	220
--------------------------	-----

ЛІТЕРАТУРА.....	221
-----------------	-----

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК.....	222
--------------------------	-----

Навчальне видання

БОРОДЕНКО Юрій Миколайович
ДЗЮБЕНКО Олександр Андрійович
БИКОВ Олексій Михайлович

ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЯ

Навчальній посібник

Відповідальний за випуск *О.В. Бажинів*

Редактор *Шилова А.О.*

Комп'ютерна верстка *Гладкої О.І.*

Дизайн обкладинки *Орлович В.С.*

План 2015 р., поз. 23 (н.м.п.)
Підписано до друку 04.04 2016 р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Cyr . Віддруковано на ризографі.
Ум. друк. Арк13.0. Обл.-вид. арк. 21.0.
Зам. № 173/16. Тираж 50 прим. Ціна договірна.

ВИДАВНИЦТВО
Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61200, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.
Тел. /факс: (057)700-38-64; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія ДК №897 від 17.04 2002*