

Міністерство освіти і науки України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Ю.М. Бороденко

**ЕЛЕКТРИЧНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

розділ «Електричні системи автомобіля»
для студентів спеціальності 141

конспект лекцій

Затверджено кафедрою
автомобільної електроніки
протокол №12 від 16.06 2023р

Харків
ХНАДУ
2023

ПЕРЕДМОВА

Конспект лекцій складено у відповідності до робочої програми навчальної дисципліни «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» для підготовки бакалаврів в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Конспект містить шість тем першої частини курсу загальним обсягом 36 години. Надані теми містять поновлений матеріал, що стосується устрою та функціонування традиційних електромеханічних систем автомобіля з електронними блоками керування. Матеріал даного конспекту складено за оглядом інформації навчальної літератури, наукових досліджень та Інтернет сторінок провідних автомобілебудівників.

Зміст матеріалу орієнтований на фахівців електромеханіків та для його опанування потрібні певні знання з спеціальних дисциплін (розділів), що передують за навчальним планом: устрій автомобіля, двигуни внутрішнього згоряння, електротехніка (ТОЕ), електроні прилади і пристрої, дискретні пристрої автоматики.

Методологія викладення матеріалу передбачає послідовність інформації: призначення та класифікація систем і їх складових; устрій компонентів; структура та функціонування систем; приклади сучасних систем промислових зразків; концептуальні технічні рішення з використанням сучасних технологій.

Для кращого засвоєння матеріалу, в конспекті наводяться структурні і електричні схеми та ілюстрації натуральних об'єктів. Після кожної теми надано перелік контрольних запитань складених у форматі екзаменаційної атестації. Наприкінці конспекту наведено перелік прийнятих скорочень.

ЗМІСТ

Тема 1. Системи пуску ДВЗ.....	4
1.1. Склад, призначення та вимоги до системи пуску ДВЗ.....	4
1.2. Устрій, принцип дії та маркування стартерних АКБ.....	5
1.3. Параметри та характеристики АКБ.....	8
1.4. Особливості будови і характеристика АКБ, що не обслуговуються.....	12
1.5. Устрій і функціонування стартера.....	13
1.6. Електричне та електронне керування стартером.....	16
Тема 2. Системи електропостачання споживачів борта.....	20
2.1. Склад, призначення та вимоги до системи електропостачання.....	20
2.2. Устрій і принцип будови автомобільних вентильних генераторів.....	21

2.3. Електричні характеристики генератора та методи регулювання напруги.....	27
2.4. Порівняльний аналіз регуляторів напруги різних типів.....	31
Тема 3. Системи запалювання паливної суміші.....	39
3.1. Призначення, класифікація та вимоги до систем запалювання.....	39
3.2. Устрій апаратів запалювання.....	41
3.3. Робочий процес в системі запалювання з накопиченням енергії в котушці запалювання.....	47
3.4. Склад і функціонування контактних систем запалювання.....	51
3.5. Склад і функціонування безконтактної системи запалювання.....	54
3.6. Особливості побудування систем запалювання з накопиченням енергії в ємності.....	57
3.7. Система нормування часу накопичення енергії в котушці запалювання.....	60
3.8. Принципи побудування мікропроцесорних систем запалювання.....	63
Тема 4. Системи подачі і впорскування палива.....	66
4.1. Способи оптимізації характеристик систем подачі палива.....	66
4.2. Керування економайзером примусового холостого ходу.....	67
4.3. Устрій і функціонування систем типу Ecotronic.....	71
4.4. Реалізація систем впорскування палива.....	76
Тема 5. Системи контрольно-вимірювальних приладів.....	83
5.1. Склад, призначення та вимоги до елементів системи КВП.....	83
5.2. Логометричні вимірювальні системи.....	84
5.3. Електромагнітні вимірювальні прилади.....	86
5.4. Цифрові вимірювачі.....	88
5.5. Термобіметалеві вимірювальні системи.....	89
5.6. Устрій тахометрів і спідометрів.....	90
Тема 6. Системи освітлення та сигналізації.....	94
6.1. Склад системи, призначення та вимоги.....	94
6.2. Устрій фар головного освітлення.....	99
6.3. Системи керування світловими потоками.....	102
6.4. Функціонування системи сигналізації.....	109
Прийняті скорочення.....	111

Лекція №1 (2 години) Тема 1. Системи пуску ДВЗ

1.1. Склад, призначення та вимоги до системи пуску ДВЗ.

1.2. Устрій, принцип дії та маркування стартерних АКБ.

1.1. Склад, призначення та вимоги до системи пуску ДВЗ.

Система пуску повинна забезпечувати надійний пуск двигуна при різних температурних умовах експлуатації автомобіля, малу тривалість пуску, можливість повторних пусків і зручність керування. У більшості автомобілів система пуску складається зі стартера, акумуляторної батареї і вимикача. На деяких авто також входить пристрій для передпускового підігріву двигуна і додатковий пристрій для підігріву повітря у впускному трубопроводі двигуна. Принципова схема системи пуску включає стартер 1, акумуляторну батарею 2 і вимикач стартера 3 (рис. 1.1).

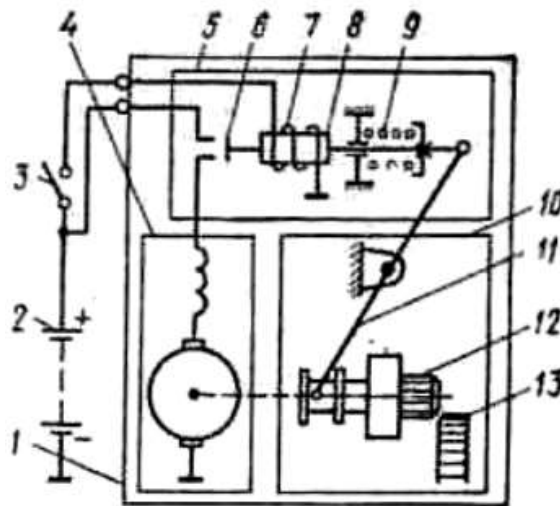


Рис. 1.1. Схема системи електростартерного пуску

Стартер складається з електродвигуна 4 постійного струму, тягового реле 5 і механізму приводу 10. Електродвигун служить для обертання колінчатого валу ДВЗ, що пускається, з пусковою частотою, рівної $40 - 50 \text{ хв}^{-1}$ для карбюраторних двигунів і $80 - 120 \text{ хв}^{-1}$ для дизельних.

Акумуляторна батарея (АКБ) є джерелом електричної енергії для живлення електричного кола стартера. Тягове реле 5 забезпечує введення шестірні 12 приводу в зачеплення з вінцем маховика 13, а також підключення електричного кола електродвигуна стартера до АКБ. Механізм приводу 10 дозволяє передавати обертання від валу якоря на вінець маховика 13 ДВЗ і запобігає передачі обертання від маховика на вал якоря після початку роботи двигуна.

При пуску двигуна вимикачем 3 замикають коло керування і по обмотці 7 тягового реле, відбувається струм, який забезпечує втягування сталевого якорця 8 усередину обмотки. При цьому важіль 11 вводить шестірню 12 меха-

нізму приводу в зачеплення з вінцем маховика 13. У момент зачеплення шестірні 12 з вінцем маховика 13 контактний диск 6 тягового реле підключає електродвигун 4 стартера до АКБ 2. Якір електродвигуна буде обертатися, забезпечуючи обертання колінчатого валу ДВЗ.

Після пуску двигуна вимикачем 3 розмикають коло обмотки 7 тягового реле і під дією зворотної пружини 9, якірець 8 повертається у вихідне положення. При цьому, контактний диск 6 тягового реле відключає електродвигун стартера від АКБ і шестерня 12 механізму приводу виходить із зачеплення з вінцем маховика 13.

Для забезпечення обертання колінчатого валу з пусковою частотою, вал електродвигуна з'єднується з ним через редуктор, що складається з двох шестірень: малої з числом зубів 9 – 13, на валу електродвигуна, і великої, закріпленої на маховику, з числом зубів 100 – 150.

Обертання від валу стартера до валу двигуна повинне передаватися тільки в період пуску ДВЗ. Як тільки двигун почав працювати самостійно, механізм приводу автоматично виключає передачу обертання від колінчатого валу ДВЗ до валу електродвигуна, щоб уникнути «розносу» якоря (викиду провідників обмотки із сердечника якоря і розпушення обмотки). У стартерах це здійснюється за допомогою муфт вільного ходу (роликової, храпової і ін.) чи автоматичного виходу шестірні стартера із зачеплення. Уведення шестірні механізму приводу стартера в зачеплення з вінцем маховика здійснюється примусово або за допомогою важеля або дистанційно за допомогою тягового реле, а вивід – частіше усього за рахунок повертаючої пружини.

1.2. Устрій, принцип дії та маркування стартерних АКБ.

Призначення й умови експлуатації акумуляторних батарей

Автомобільна акумуляторна батарея призначена для електропостачання стартера при пуску двигуна внутрішнього згоряння й інших споживачів електроенергії при непрацюючому генераторі або нестачі його потужності. Працюючи паралельно з генераторною установкою, батарея усуває перевантаження генератора і можливі перенапруги в системі електрообладнання у випадку ушкодження кола збудження чи при виході з ладу регулятора напруги, згладжує пульсації напруги генератора, а також забезпечує живлення всіх споживачів у випадку відмовлення генератора і можливість подальшого руху автомобіля за рахунок резервної ємності.

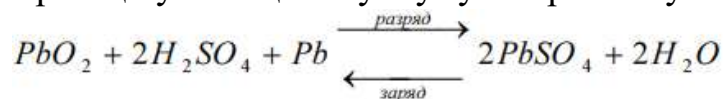
Батарея на автомобілі входить до складу не тільки системи електростартерного пуску, але до системи електропостачання. Після розряду, на пуск двигуна і живлення інших споживачів батарея підзаряджається від генераторної установки. Часте чергування режимів розряду і заряду (цикловання) – одна з характерних рис роботи батарей на автомобілях. Важлива вимога до стартерних акумуляторних батарей – мінімальний внутрішній опір і мале спадання напруги на ньому при великих струмах розряду в стартерному режимі. Батареї повинні витримувати короткочасні розряди стартерними струмами великої си-

ли без руйнування пластин і погіршення характеристик при подальшій експлуатації. Термін служби стартерних акумуляторних батарей повинен бути близьким чи кратним термінам міжремонтного пробігу автомобіля.

Принцип роботи свинцевого акумулятора

Свинцеві акумулятори є вторинними хімічними джерелами струму, що можуть використовуватися багаторазово. Активні матеріали, витрачені в процесі розряду, відновлюються при наступному заряді. У свинцевому акумуляторі в струмоутворюючих процесах беруть участь двоокис свинцю (діоксин свинцю) PbO_2 (окиснювач) позитивного електрода, губчатий свинець Pb (відновлювач) негативного електрода й електроліт (водяний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4). Активні речовини електродів являють собою відносно тверду пористу масу, що проводить електрони. Об'ємна пористість активних речовин у зарядженому стані – близько 50%. Частина сірчаної кислоти в електроліті дисоційована на позитивні іони водню H^+ і негативні іони кислотного залишку SO_4^{2-} . Губчатий свинець при розряді акумулятора виділяє в електроліт позитивні іони двовалентного свинцю Pb^{2+} . Надлишкові іони негативного електрода по зовнішній ділянці замкнутого електричного кола переміщуються до позитивного електрода, де відновлюють чотиривалентні іони свинцю Pb^{4+} до двовалентного свинцю Pb^{2+} . Позитивні іони свинцю Pb^{2+} з'єднуються з негативними іонами кислотного залишку SO_4^{2-} , утворюючи на обох електродах сірчаноокислий свинець $PbSO_4$ (сульфат свинцю).

При підключенні акумулятора до зарядного пристрою, електрони рухаються до негативного електрода, нейтралізуючи двовалентні іони свинцю Pb^{2+} . На електроді виділяється губчатий свинець Pb . Віддаючи під впливом напруги зовнішнього джерела струму по два електрони, двовалентні іони свинцю Pb^{2+} у позитивного електрода окисляються в чотиривалентні іони Pb^{4+} . Через проміжні реакції іони Pb^{4+} з'єднуються з двома іонами кисню й утворюють двоокис свинцю PbO_2 . Хімічні реакції у свинцевому акумуляторі описуються рівнянням:



Вміст в електроліті сірчаної кислоти і щільність електроліту зменшуються при розряді і збільшуються при заряді. По щільності електроліту судять про ступінь розрядженості свинцевого акумулятора:

Устрій і конструктивні схеми батарей

Різні типи стартерних акумуляторних батарей мають свої конструктивні особливості, однак у їхньому устрої багато загального. По конструктивно-функціональній ознаці виділяють батареї: звичайної конструкції у моноблоці з ячеечними кришками і міжелементними перемичками над кришками; батареї в моноблоці з загальною кришкою і міжелементними перемичками під кришкою; батареї що не обслуговуються із загальною кришкою, не потребуючі догляду в експлуатації. У стартерних батареях зібрані в півблоки позитивні і негативні електроди (пластини) акумуляторів розміщені в окремих осередках моноблока або корпусу (рис. 1.2, а).

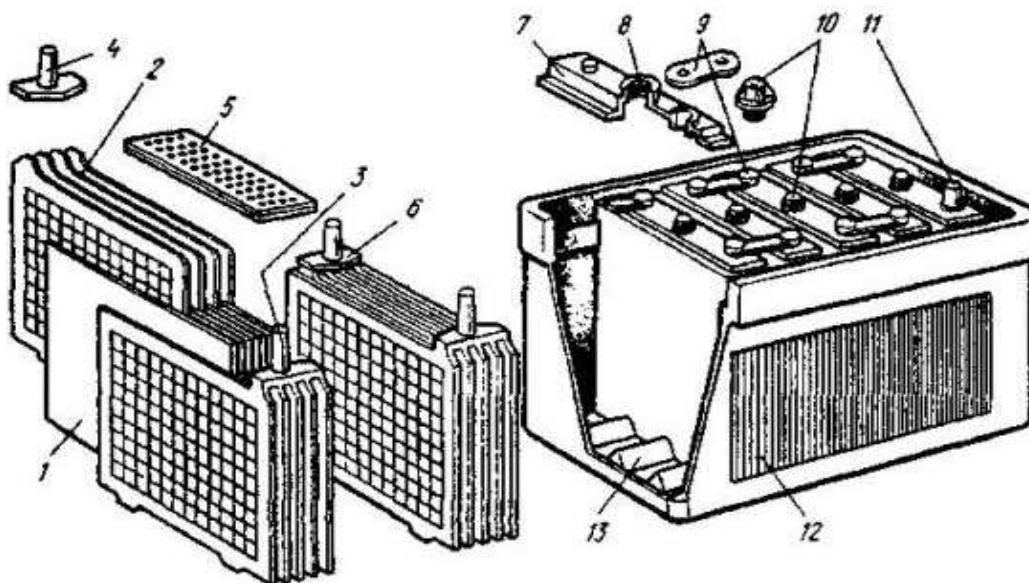


Рис. 1.2. Конструкція АКБ:

1 – сепаратор; 2, 3 – пакети активних пластин; 4, 6 – полюсні борни; 5 – захисна сітка;
7, 8 – кришка акумулятора; 9 – перемичка; 10 – пробка; 11 – вивід під клему; 12 – моноблок;
13 – опорні призми

Різнопольосні електроди в блоках розділені сепараторами. Електроди у вигляді пластин намазного типу мають решітки, осередки яких заповнено активними речовинами. У цілком зарядженому свинцевому акумуляторі діоксин свинцю позитивного електрода має темно-коричневий колір, а губчатий свинець негативного електрода – сірий колір. Решітки електродів виконують функції підведення струму до активної речовини і механічного утримання активної речовини. Решітки електродів (рис. 1.2, б) мають рамку, вертикальні ребра і горизонтальні жилки, вушка і по дві опорні ніжки (крім решіток негативних електродів батарей, що не обслуговуються).

У свинцевих акумуляторах застосовують сепаратори з міпора, міпласта, поровініла, пластипора і вініпора. У стартерних свинцевих акумуляторних батареях установлюють сепаратори з міпора і міпласта. Міпор (мікропористий ебоніт) одержують у результаті вулканізації суміші натурального каучуку із силікагелем і сіркою. До недоліків сепараторів з міпора відносяться крихкість, мала швидкість просочення електролітом, дефіцитність сировини і велика вартість. Міпласт чи мікропористий поліхлорвініл виготовляють з поліхлорвінілової смоли шляхом спікання. Технологічний процес виготовлення сепараторів з міпласта простіше, сировина менш дефіцитна. У батареях, що не обслуговуються, застосовують плівкові сепаратори і сепаратори-конверти, утворені двома звареними з трьох сторін пластиковими сепараторами. При справному електрообладнанні і відсутності порушень в експлуатації необхідність у додаванні води в батарею може виникнути не частіше 1 разу на 1 - 2 роки. Моноблоки стартерних акумуляторних батарей виготовляють з ебоніту чи іншої пластмаси. Тонкі стінки моноблока з поліпропілену роблять більш твердими за рахунок

раціонального вибору конструктивних форм моноблоків. Достатня прозорість поліпропілену спрощує контроль рівня електроліту в батареї. У середині моноблок розділений міцними непроникними перегородками на окремі осередки по числу акумуляторів у батареї.

В осередках моноблока розміщують зібрані в блоки електроди і сепаратори. У батареях зі звичайними сепараторами на дні кожного осередку передбачені чотири призми 1, що утворюють простір для шламу (активних речовин електродів, що обсіпаються на дно осередків при експлуатації батареї). На опорні призми своїми ніжками встановлюють електроди (різноміснні електроди на своїх двох призмах), що виключає їхнє коротке замикання шламом.

Типи й умовне позначення стартерних батарей

Стартерні свинцеві акумуляторні батареї класифікують за номінальною напругою (6 і 12 В) і номінальною ємністю. На стартерні акумуляторні батареї наносять товарний знак підприємства виготовлювача, указують тип батареї, дату випуску і позначення або стандарт технічних умов на батарею конкретного типу. Умовна позначка типу батареї (наприклад, батарея 6СТ-55А) містить указівку на кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї (3 чи 6), що характеризують її номінальну напругу (6 чи 12 В), указівка на призначення за функціональною ознакою (СТ – стартерна), номінальну ємність (55 А*год) і виконання (при необхідності): А – із загальною кришкою; З – залита й заряджена; С – сухо-заряджена; Н – не обслуговувана, залита електролітом і цілком заряджена; М/П/Р – сепаратор – мінопласт/поліетилен/міпор; Т/Е – моноблок – термопластик/ебоніт.

Лекція №2 (2 години)

Тема 1. Системи пуску ДВЗ

1.3. Параметри та характеристики АКБ.

1.4. Особливості будови і характеристика АКБ, що не обслуговуються.

1.3. Параметри та характеристики АКБ.

Вольт-амперною характеристикою (ВАХ) називають залежність напруги на виводах акумуляторної батареї від сили розрядного струму для визначеного моменту часу після включення батареї на розряд (рис. 1.3, а).

ВАХ нелінійні через мінливість опору. У зоні стартерних струмів ВАХ близькі до прямої, тому при розрахунках систем електростартерного пуску їхньою нелінійністю в областях малих (менш $2C_{20}$) і великих (більш $8-10C_{20}$) струмів зневажають. Такий підхід значно спрощує розрахунок і порівняльну оцінку системи електростартерного пуску.

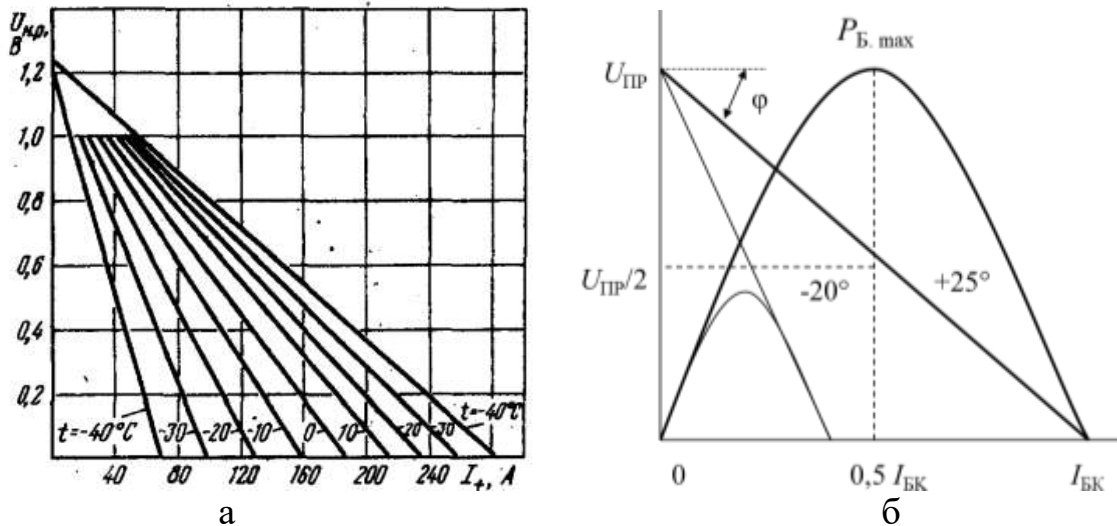


Рисунок 1.3 – Характеристики АКБ: а – вольт-амперна; б – потужнісна

Робочі характеристики стартерного електродвигуна будуються для визначеної ВАХ акумуляторної батареї, що зображуються прямою, що відтинає на осях ординат відрізки, які відповідають початковій розрядній напрузі $U_{\text{ПР}}$ і силі струму короткого замикання $I_{\text{КЗ}}$. Рівняння ВАХ: $U_{\text{Б}} = U_{\text{ПР}} - R_{\text{Б}} I_{\text{Р}}$, де $U_{\text{Б}}$ - напруга на виводах батарей; $U_{\text{ПР}}$ - початкова розрядна напруга; $R_{\text{Б}}$ - розрахунковий внутрішній опір батареї; $I_{\text{Р}}$ - сила струму розряду батареї.

У режимі короткого замикання, коли напруга на виводах батареї $U_{\text{Б}} = 0$, сила струму $I_{\text{КЗ}} = U_{\text{ПР}} / R_{\text{Б}}$. Потужність, що розвивається акумуляторною батареєю в зовнішньому колі, $P_{\text{Б}} = U_{\text{Б}} I_{\text{Р}} = U_{\text{ПР}} I_{\text{Р}} - R_{\text{Б}} I_{\text{Р}}^2$. Вольт-амперні $U_{\text{Р}} = f(I_{\text{Р}})$ (рис. 1.3, а) і потужнісні $P_{\text{Б}} = f(I_{\text{Р}})$ характеристики акумулятора залежать від температури електроліту (рис. 1.3, б). Збільшення внутрішнього спадання напруги при зниженні температури електроліту приводить до зменшення потужності акумулятора. Опір акумулятора залежить від температури та ступеню розрядженості (рис. 1.4, а).

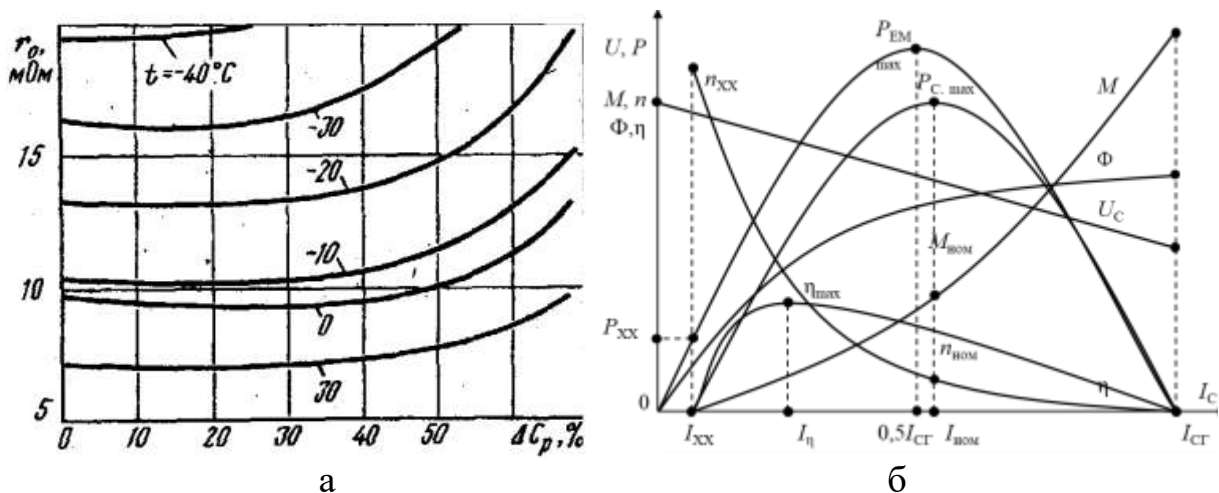


Рис. 1.4. Експлуатаційні характеристики:
а – опору АКБ; б – стартера

При цьому, робочі характеристики стартерного електродвигуна суттєво змінюються (рис. 1.4, б).

Ємність АКБ.

При розряді і заряді акумулятор віддає в зовнішнє коло чи одержує від зарядного пристрою визначену кількість електрики. Кількість електрики, що віддається акумуляторною батареєю в межах припустимого розряду, називають розрядною ємністю:

$$C_p = \int_0^{\tau_p} I_p d\tau .$$

При постійній силі струму $C_p = I_p \tau_p$, де τ_p – тривалість розряду. Розрядна ємність залежить від кількості закладених в акумуляторі активних матеріалів, ступеню їхнього використання і температури електроліту.

Кількість активних матеріалів у стартерних акумуляторних батареях навіть при номінальних розрядних струмах у 2-3 рази перевищує теоретично необхідну. Повне використання закладених у батареї активних матеріалів неможливо, тому що збідніння електроліту в порах і різке зниження напруги відбувається раніш, ніж витратяться внутрішні шари пористих активних речовин електродів і сірчана кислота електроліту в моноблоці.

Резервна ємність визначається часом розряду в хвилинах цілком зарядженої батареї при температурі $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$ струмом силою $(25 \pm 0,25)$ А до кінцевої напруги на акумуляторі, рівного 1,75 В. Нормативний показник «резервна ємність» забезпечує більшу відповідність режиму іспитів батареї умовам експлуатації її на автомобілі.

Характеристики стартерного розряду акумуляторної батареї зручно оцінювати по силі струму холодного прокручування. Він являє собою максимальний розрядний струм, що батарея може забезпечити при температурах -18°C и -29°C на протязі 30 с, зберігаючи напругу не менш 1,2 В на кожному акумуляторі (7,2 В у випадку 12-вольтової батареї). Показник «струм холодного прокручування» дозволяє спростити підбір акумуляторної батареї для автомобілів на стадії їхнього проектування. Визначивши силу струму, споживану електростартером при пуску двигуна, можна підібрати батарею з умови, щоб ця сила струму не перевищувала силу струму холодного прокручування.

Характеристики розряду та заряду акумуляторної батареї

Якщо акумулятор знаходиться в спокої, то його ЕРС майже не залежить від ступеню розряду пластин, але змінюється зі зміною щільності електроліту. ЕРС спокою E_0 свинцевого акумулятора можна обчислити по емпіричній формулі:

$$E_0 = \gamma + 0,84 ,$$

де γ – щільність електроліту, приведена до 15°C . Характеристикою розряду акумулятора називають залежність зміни щільності електроліту, ЕРС і на-

прути акумулятора при постійній силі розрядного струму від часу розряду (рис. 1.5, а). Зворотні процеси заряду АКБ показані на рис. 1.5, б.

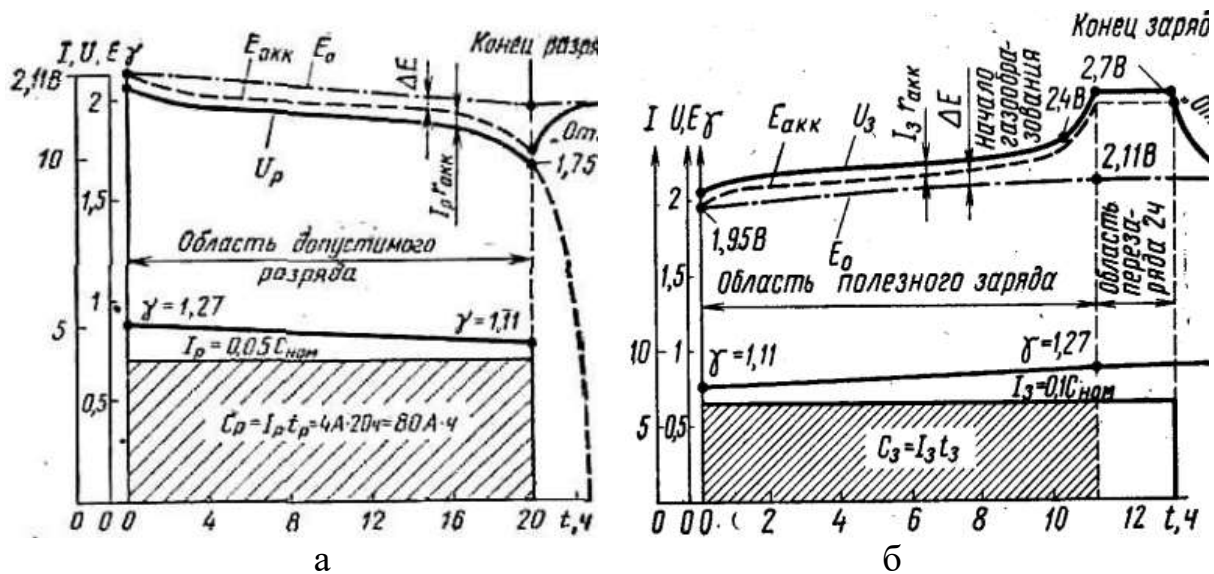


Рис. 1.5. Характеристики АКБ:

а – розрядна; б – зарядна

Характеристики розряду знімають при безупинному розряді цілком зарядженого акумулятора силою струму, рівної 0,05 його номінальної ємності, до кінцевої напруги 1,75 В. Під час розряду за допомогою реостата підтримують постійну силу розрядного струму I_p і вимірюють напругу U_p і E_B на затискачах акумулятора, а також щільність електроліту γ . Через залежність розрядної ємності від струму, характеристики розряду деформуються зі зміною режиму розряду (рис. 1.6)

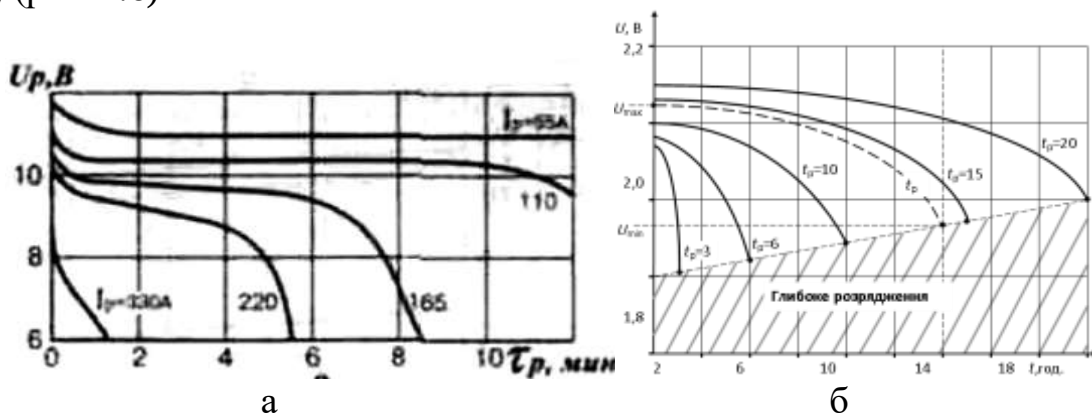


Рис. 1.6. Розрядні характеристики АКБ:

а – в струмовому наданні; б – в часовому наданні

В струмовому наданні, режим розряду визначається безпосередньо силою розрядного струму АКБ I_p з обраною ємністю. В часовому наданні, режим розряду задається часом розряду t_p , виходячи з номінальної ємності АКБ, за співвідношенням: $I_p = C_H / t_p$.

1.4. Особливості будови і характеристика АКБ, що не обслуговуються.

Терміном «необслуговувана» характеризують стартерні акумуляторні батареї, що не вимагають додавання електроліту в процесі експлуатації і мають покращені електричні характеристики та великий термін служби в порівнянні зі звичайними батареями. Поява батарей, що не обслуговуються, стала можливою завдяки застосуванню решіток зі свинцево-кальцієво-олов'янистих сплавів і свинцево-сурм'янистих сплавів зі зменшеним змістом сурми. Кращі батареї з решітками електродів з мало-сурм'янистими сплавами, що містять інші легуючі добавки, практично є необслуговуваними, хоча мають трохи гірші показники саморозряду в порівнянні з батареями, у яких решітки виконані зі свинцево-кальцієво-олов'янистих сплавів. Такі батареї також мають досить високий термін служби і малочутливі до глибоких розрядів. Батареї, що не обслуговуються, можуть випускатися в герметичному виконанні і не мати пробок заливних горловин (рис. 1.7).

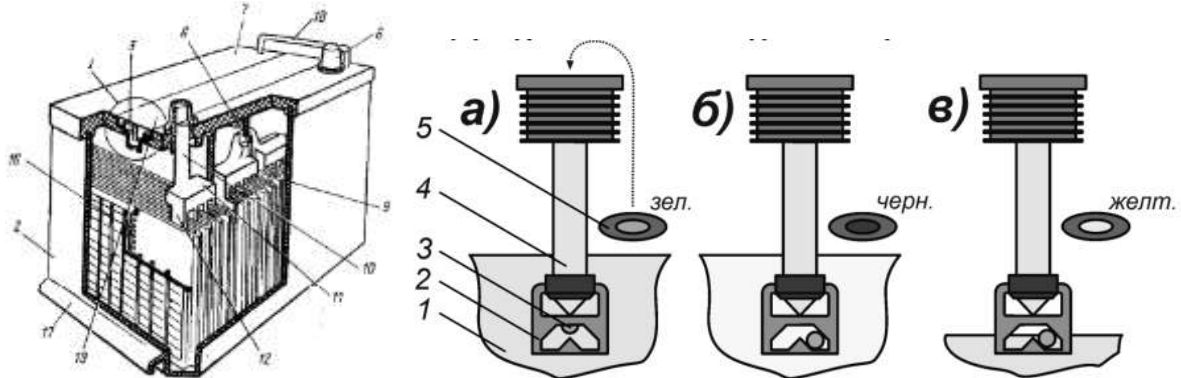


Рис. 1.7. Конструкція АКБ, які не обслуговуються:

а – компоновка в моноблоці; б – індикаторний пристрій

У цьому випадку ступінь розрядженості батареї не можна визначити по щільності електроліту. У зимовий час виникає небезпека замерзання електроліту розрядженої батареї. Тому, на герметичні акумуляторні батареї, які не обслуговуються, встановлюють індикатори зарядженості, що являють собою мініатюрні ареометри (рис. 1.7, б). Під прозорим світловодом 4 жовтого кольору у чорному циліндрі 2 розміщено зелена кулька-плавунець 3, яку можна спостерігати через віконце в кришці акумулятора 5. Кулька 3 ареометра спливає при достатній щільності і рівню електроліту. Вразі відхилення цих показників, спостерігається зміна кольору на чорний (низька щільність) або жовтий (низький рівень).

Лекція №3 (2 години) **Тема 1. Системи пуску ДВЗ**

1.5. Устрій і функціонування стартера.

1.6. Електричне та електронне керування стартером.

1.5. Устрій і функціонування стартера.

Автомобільні електростартери відрізняються по способу керування і збудження, типу механізму приводу, способу кріплення на двигуні і ступеню захисту від проникнення пилу і води. Стартер складається з електродвигуна постійного струму з послідовним чи змішаним збудженням, електромагнітного тягового реле і механізму приводу (рис. 1.8).

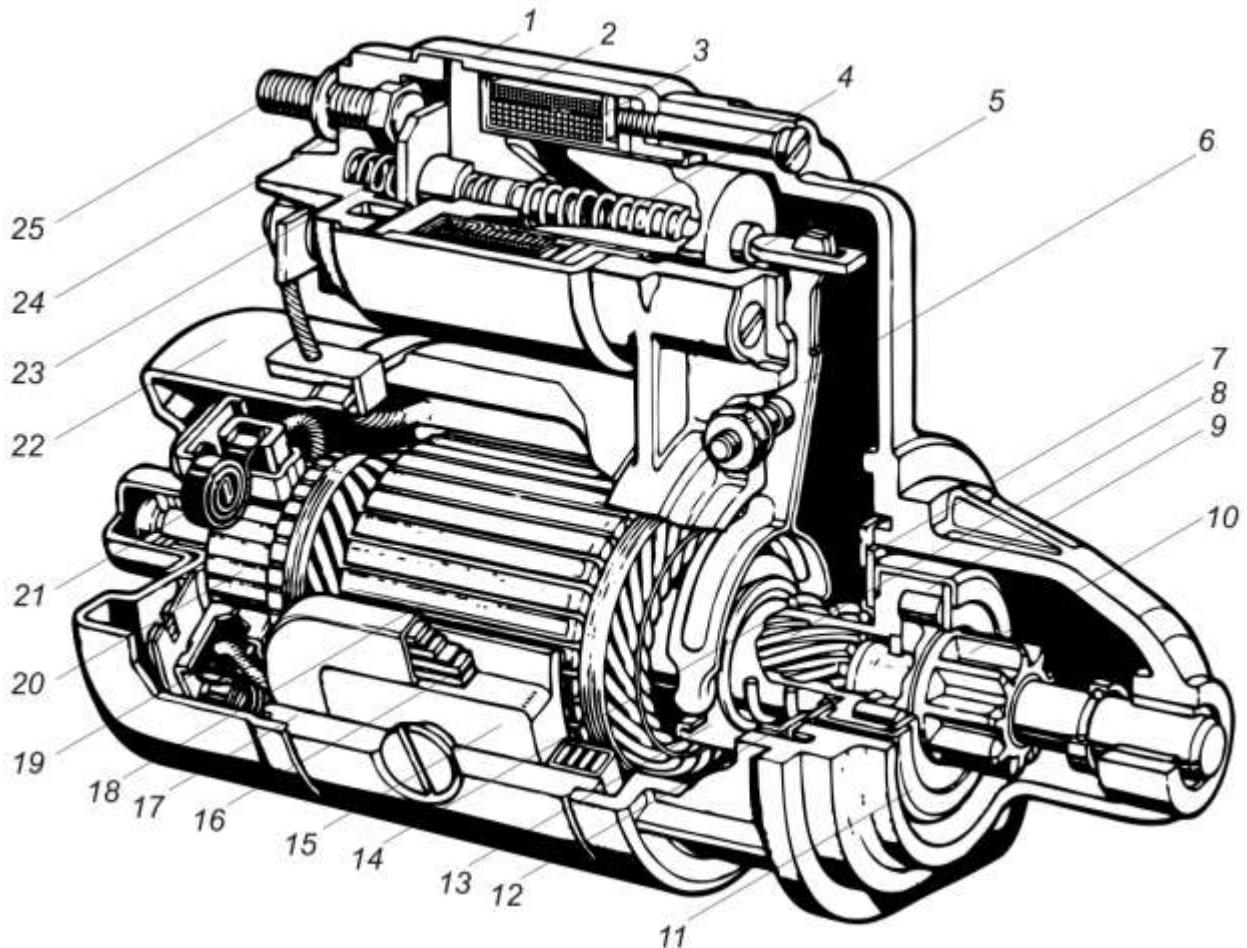


Рис. 1.8. Електростартер з попереднім зачепленням:

- 1 – тягове реле; 2, 3 – утримуюча та тягова обмотки тягового реле; 4 – повертаюча пружина; 5 – серга; 6 – важіль вилки; 7 – гальмівний диск; 8 – вал якоря; 9 – зовнішнє кільце обгінної муфти; 10 – повідна шестерня; 11 – обгінна муфта; 12 – опора; 13 – направляюче кільце; 14 – буферна пружина; 15 – полюсний башмак; 16 – обмотка збудження; 17 – корпус статора; 18 – якір; 19 – графітова щітка; 20 – колектор; 21 – притискна пружина щітки; 22 – кришка колектора; 23 – контактний диск; 24 – контакт; 25 – клемма

На більшості стартерів тягове реле розташовують на припливі кришки з боку приводу. З фланцем припливу кришки реле з'єднують безпосередньо чи через додаткові кріпильні елементи. Контактний елемент круглої, фасонної чи прямокутної форми встановлюють між ізоляційною втулкою і шайбою на штоку. Це забезпечує надійне з'єднання контактів реле при можливому перекосі і переміщенні диска уздовж осі штока за рахунок стиску пружин контактної сис-

теми. Для запобігання розносу якоря після пуску двигуна в автомобільні електростартери встановлюють роликові, храпові або фрикційно-храпові муфти вільного ходу (обгінні муфти).

Найбільше поширення в електростартерах одержали безшумні в роботі і технологічні *роликові муфти вільного ходу*, здатні при невеликих розмірах передавати великі моменти. Роликові муфти малочутливі до забруднення, не вимагають уходу і регулювання в експлуатації. При включенні стартерного електродвигуна зовнішня ведуча обойма 2 муфти вільного ходу разом з якорем повертається щодо нерухомої ще веденої обойми 3 (рис. 1.9).

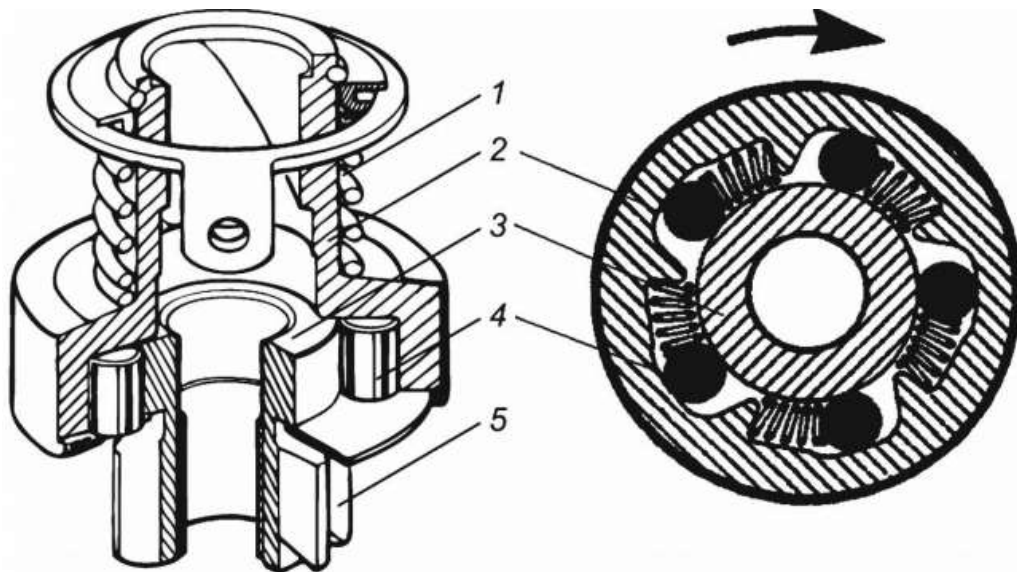


Рис.1.9. Обгінна муфта приводу стартера:

1 – буферна пружинна; 2 - зовнішня обойма; 3 – внутрішня обойма; 4 – ролики;
5 – повідна шестерня

Ролики 4 під дією притискних пружин і сил тертя між обіймами і роликами переміщуються у вузьку частину клиноподібного простору, і муфта заклинюється. Обертання від валу якоря веденої обойми муфти 3 передається шпичевою втулкою. Після пуску двигуна частота обертання внутрішньої обойми 3 з шестернею 5 перевищує частоту обертання зовнішньої обойми 2, ролики переходять у широку частину клиноподібного простору між обіймами, тому обертання від вінця маховика якорю стартера не передається (муфта прослизгає).

В стартерах з одночасним підключенням, використовуються *інерційні муфти*. На кінці валу стартера 5 є різьба 3, на яку нагвинчується інерційна муфта (рис. 1.10).

При вмиканні стартера, його вал обертається, а обойма з повідною шестернею 4 лишається нерухомою. Внаслідок цього муфта по різьбі переміщує шестерню 4 до зачеплення з венцем маховика. Пружина 1 сприяє стиковці шестерень.

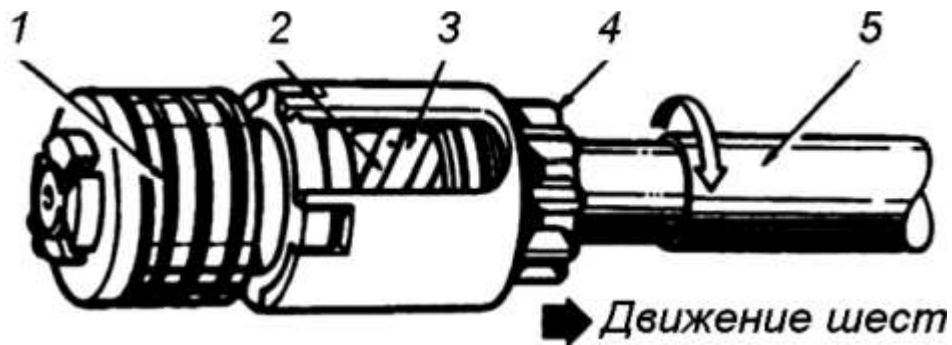


Рис.1.10. Інерційна муфта приводу стартера:

1 – пружинний буфер; 2 - зовнішня різьба; 3 – різьбова марочниця; 4 – повідна шестерня;
5 – вал якоря

Після запуску ДВЗ, настає обгінний режим, і муфта через шестерню 4 примусово згвинчується вінцем маховика із зачеплення.

Поліпшення конструктивних та експлуатаційних показників стартера досягають за рахунок використання багатополюсних (швидкісних) ДПС зі збудженням від постійних магнітів разом з понижуючими редукторами. Редуктори виконуються або як звичайні багатоступеневі зубчаті або планетарні передачі (рис. 1.11)

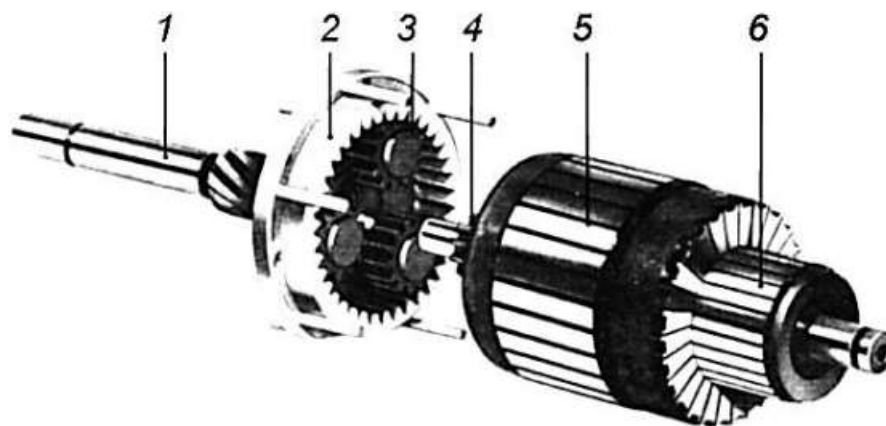


Рис. 1.11. Конструкція стартерного електродвигуна з планетарним редуктором:

1 – вал водила; 2 – епіцикл (корона); 3 – сателіти; 4 – сонячна шестерня; 5 – якір;
6 – колектор

Принцип будови і функціонування стартера з планетарним редуктором практично не відрізняється від традиційної схеми (рис. 1.12).

Пусковий цикл стартером (спроба пуску) на двигуні (на стенді) не повинний перевищувати 15 с при температурі навколишнього середовища $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Допускається не більш трьох пускових циклів підряд з перервам між ними не менш 30 с. Після охолодження стартера до температури навколишнього середовища допускається ще один пусковий цикл. Не допускається навантажувати стартер більш ніж на номінальну потужність.

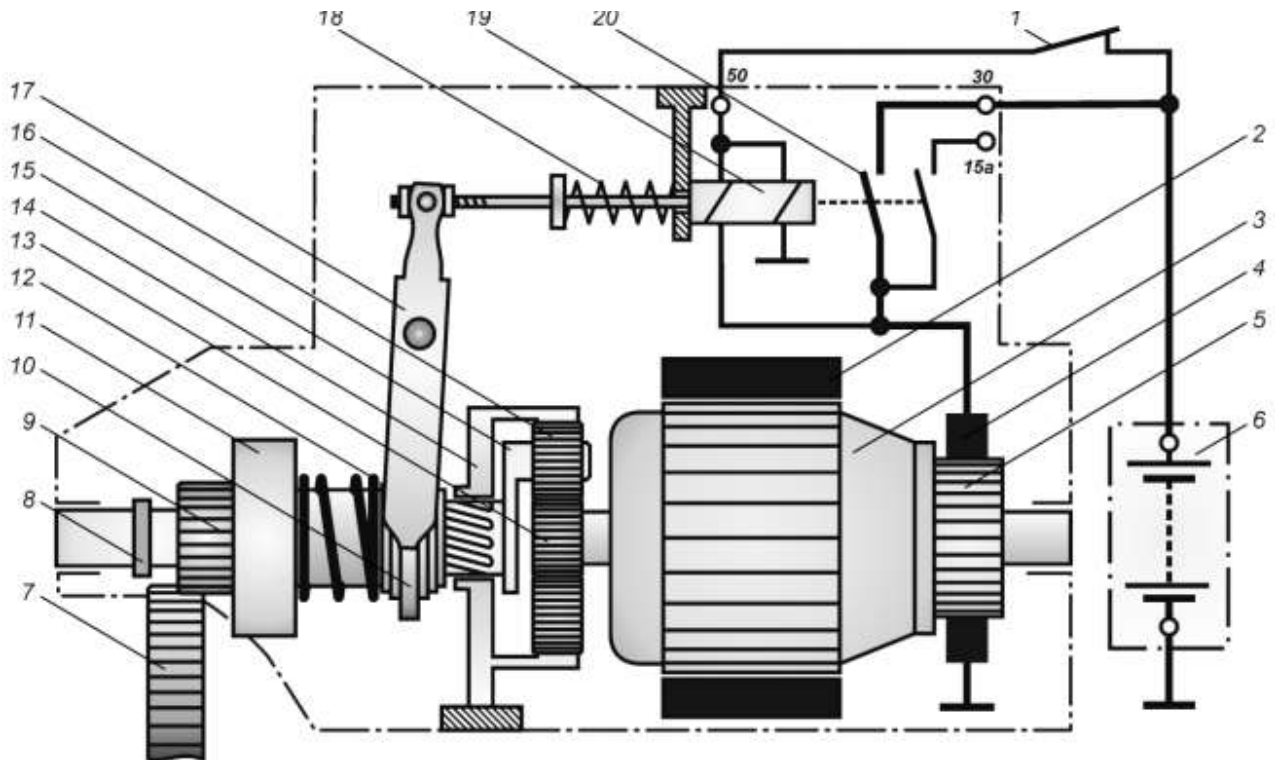


Рис. 1.12. Схема стартера з постійними магнітами і планетарним редуктором:

- 1 – замок увімкнення; 2 – постійний магніт; 3 – якір; 4 – щітка; 5 – колектор; 6 – АКБ;
 7 – венець маховика; 8 – обмежувача шайба; 9 – повідна шестерня; 10 – повідкова муфта;
 11 – обгінна муфта; 12 – буферна пружина; 13 – сонячна шестерня; 14 – коронна шестерня;
 15 – водило; 16 – сателіти; 17 – важіль вилки; 18 – повертаюча пружина; 19 – тягове реле;
 20 – контакти

Тягове реле стартера повинне забезпечувати введення шестірні в зачеплення і включення стартера при зниженні напруги до 9 В для $U_H=12$ В и до 18 В для $U_H=24$ В при температурі навколишнього середовища $(20\pm 5)^\circ\text{C}$. Контакти тягового реле повинні залишатися замкнутими при зниженні напруги на виводах стартера до 5,4 і 10,8 В при номінальних напруга відповідно 12 і 24 В.

1.6. Електричне та електронне керування стартером.

Однообмоточне тягове реле підключається до акумуляторної батареї GB (рис. 1.13, а) переключенням ключа вимикача запалювання 2 з контактами S1 у фіксоване положення «стартер».

Якір тягового реле втягується в електромагніт, за допомогою механізму приводу вводить шестерню приводу в зачеплення з вінцем маховика і наприкінці ходу замикає силові контакти реле K1 у мережі електродвигуна М. Силові контакти замикаються наприкінці повного введення шестірні в зачеплення. Якщо шестерня упирається у венець маховика, якір реле продовжує переміщатися, стискаючи буферну пружину, яка розташована між повідковою і обгінною муфтами приводу. При цьому, МСХ із шестернею провертається на гвинтових шліцах валу якоря до положення узгодження зубчатої передачі. Після узгодження

передачі, зачеплення шестерень відбувається під дією буферної пружини, а силові контакти тягового реле – замикаються.

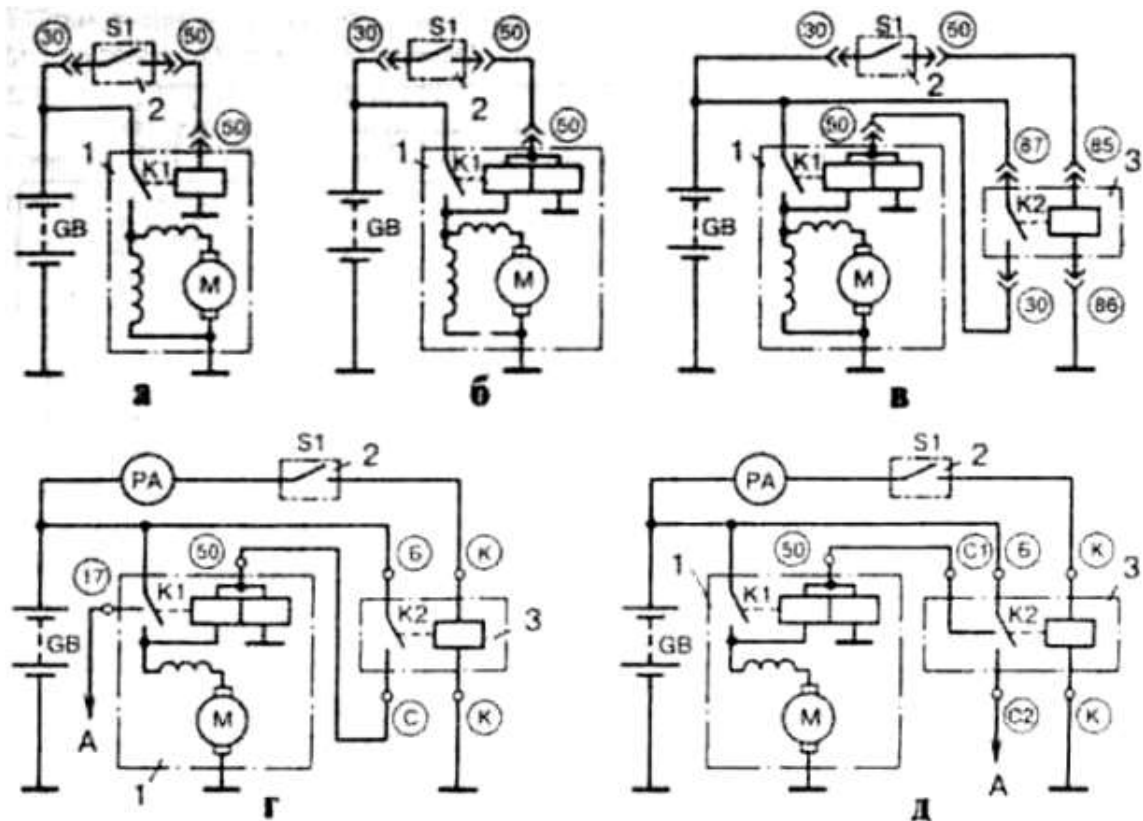


Рис. 1.13. Схеми керування електростартерами

Для відключення стартера необхідно зняти зусилля з ключа вимикача запалювання. Ключ автоматично займе положення «Запалювання». При цьому, якір відключеного від джерела струму тягового реле і приводний механізм під дією пружини повертаються у вихідне положення.

У стартерах із двохобмотковими реле (рис. 1.13, б) при замиканні контактів S1 вимикача запалювання 2 струм від батареї проходить через тягову та утримуючу обмотки. При замиканні контактів реле K1 тягова обмотка замикається напряму. Обмотки тягового реле K1 можуть підключатися до джерела струму через контакти допоміжного реле K2 (рис. 1.13, в...д). Додатковий контакт 17 у тяговому реле чи в допоміжному реле замикає додатковий резистор котушки запалювання. Функціонування схеми пояснюється на рис. 1.14.

На наведеній схемі такі позначення: GA – акумуляторна батарея, SA – замок запалювання; KV1 – обмотка додаткового реле стартера з нормально розімкнутими контактами KV1.1, KV1.2; KV2 – силові контакти тягового реле, що керуються утримуючою KV2.1 та тяговою KV2.2 обмотками; R_{дод} – додатковий опір у первинному колі котушки запалювання; ОЯС, ОЗС – якірна обмотка та обмотка збудження стартерного електродвигуна.

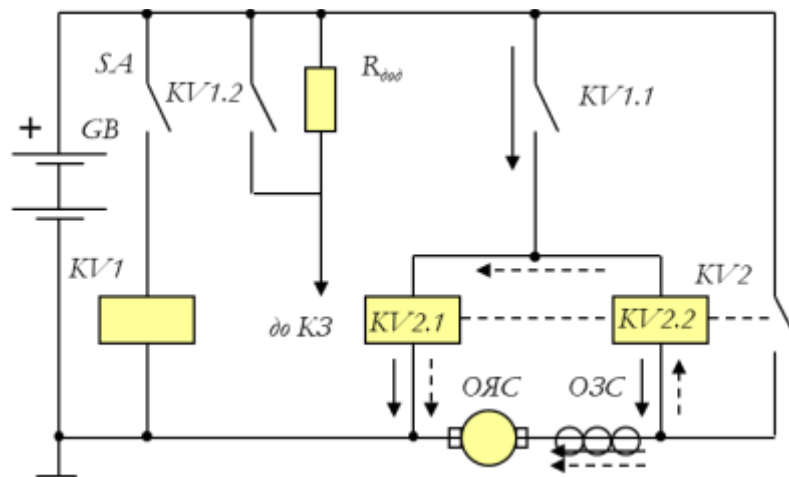


Рис. 1.14. Схема двохобмоткового керування електростартером

При установці замка запалювання в положення «Пуск» контакти SA замикаються, обмотка ДРС KV1 підключається до напруги АКБ, контакти KV1.1, KV1.2 замикаються. Через замкнуті контакти KV1.1 утримуюча KV2.1 та тягова KV2.2 обмотки підключаються до напруги АКБ. Обмотки тягового реле утворюють потоки спрямовані узгоджено. Під дією електромагнітної сили обох обмоток відбувається втягування якоря реле. Струм, що проходить через тягову обмотку та обмотки стартера, створює деякий обертовий момент на валу електродвигуна (підключення електродвигуна на часткову напругу). В результаті при русі шестерні в зачеплення одночасно відбувається вибір люфту між шестернями стартера й вінця маховика колінчастого валу. Завдяки цьому, рушання стартера при включенні електродвигуна на повну напругу (через силові контакти KV2) відбувається без удару. Наприкінці ходу якоря реле силові контакти KV2 замикаються, підключаючи електродвигун на повну напругу АКБ, відбувається прокручування ДВЗ стартером. При цьому силові контакти KV2 шунтують тягову обмотку, знеструмлюючи її. Таким чином тягова обмотка не споживає енергію АКБ в період обертання стартера.

Після пуску ДВЗ замок запалювання переводиться в положення «Запалювання» контакти SA розмикаються і контакти реле KV1 повертаються в розімкнений стан. У початковий момент струм, що проходить через силові контакти KV2, живить тягову KV2.2 й утримуючу KV2.1 обмотки. При цьому направлення струмів в обмотках зустрічно й результуючий потік дорівнює нулю (якщо кількість витків обмоток однакова). Якір тягового реле під дією пружини повертається у вихідний стан, силові контакти розмикаються, знеструмлюючи електродвигун, шестерня приводу виходить із зачеплення. Зустрічне включення обмоток при вимиканні стартера дозволяє позбавитись залишкового магнетизму, який спричиняє магнітну інерційність тягового реле при поверненні якоря реле в початковий стан.

Для виключення поламок механізму приводу та підвищення строку служби стартера необхідно своєчасно відключати стартер після пуску ДВЗ. З метою об'єктивної оцінки моменту запуску ДВЗ в системах пуску потужних дви-

гунів застосовують автоматичне відключення стартера. На сучасних автомобілях застосовують *системи автоматичного відключення стартера* з електронними реле блокування (рис. 1.15).

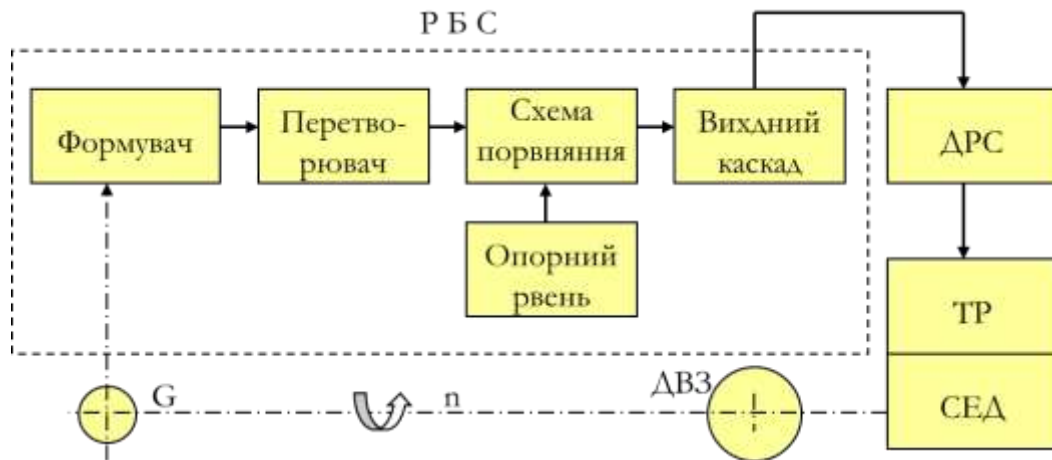


Рис. 1.15. Функціональна схема системи автоматичного відключення стартера

Система функціонує так. Сигнал з датчика частоти обертання колінчастого валу ГВ у вигляді змінної напруги надходить в електронне реле блокування стартера РБС. Як сигнал датчика частоти обертання можна також використовувати пульсуючу напругу генератора змінного струму.

Формувач дозволяє одержати імпульси рівної амплітуди та однакової полярності. Сформований сигнал надходить на перетворювач частота/напруга. Напруга з перетворювача, пропорційна частоті обертання колінчастого валу, надходить на схему порівняння поточного значення напруги на виході перетворювача з напругою опорного рівня. При перевищенні напруги сигналу над опорним рівнем формується сигнал на відключення стартера. Щоб забезпечити достатню потужність сигналу керування в навантаженні застосовується підсилювач струму (вихідний каскад).

Навантаженням вихідного каскаду є обмотка додаткового реле стартера ДРС, яке комутує струм у колі живлення тягового реле. Крім того, у вихідному каскаді передбачають тригерний захист від повторного вмикання стартера при працюючому ДВЗ.

В разі необхідності застосування стартера підвищеної напруги в системах з номінальною напругою 12 В використовують дві АКБ, які на етапі пуску вмикають послідовно. Після запуску ДВЗ, АКБ вмикаються паралельно та функціонують в режимі циклування з подвійною ємністю.

Лекція №4 (2 години)

Тема 2. Системи електропостачання споживачів борта

2.1. Склад, призначення та вимоги до системи електропостачання.

2.2. Устрій і принцип будови автомобільних вентильних генераторів.

2.1. Склад, призначення та вимоги до системи електропостачання.

Система електропостачання включає генератор і регулятор напруги і покликана забезпечити електроенергією всі споживачі автомобіля. Генератор з регулятором напруги утворює генераторну установку. До системи електропостачання відноситься й акумуляторна батарея, що забезпечує струмом споживачі при непрацюючому двигуні внутрішнього згоряння й у режимах руху, при яких напруга генераторної установки низька. З цього приводу передаточне співвідношення шківів приводу генератора від ДВЗ обирається таким, щоб на обертах холостого ходу ДВЗ, напруга генератора досягала номінальних значень.

Більшість споживачів борта живляться від пониженої напруги постійного струму (12В, 24В) одно-провідній схемі підключення. Це дозволяє удвічі зменшити обсяг мережі живлення (витрати проводів) та спростити монтаж електрообладнання. Однак, монтаж за одно-провідною схемою підвищує ймовірність коротких замкнень в мережі при експлуатації транспортного засобу. Використання пониженої напруги борта обумовлено електробезпекою водія.

До системи електропостачання прийнято відносити й елементи контролю працездатності генераторної установки — реле, контрольну лампу та інші. На рис. 2.1 показано склад системи електропостачання у вигляді схеми підключення її елементів.

Як джерело постійного (випрямленого) струму на сучасних автомобілях використовуються вентильні генератори, тобто синхронні генератори змінного струму, що працюють на бортову мережу через вбудований до них випрямляч 4. Значення напруги на виході генератора змінюється зі зміною частоти обертання і навантаження. Стабілізація напруги регулятором здійснюється зміною сили струму в колі збудження за рахунок зміни відносної тривалості включення в це коло додаткового резистора підключення кола збудження до мережі живлення. Генераторні установки випускаються на номінальну напругу 14 і 28 В. Напруга 28 В характерна для системи електропостачання дизельних автомобілів. Основні вимоги, що висуваються до автомобільних генераторів, аналогічні вимогам до інших виробів автомобільного електроустаткування — висока технологічність, мінімальна вартість, високі питомі коефіцієнти використання матеріалів.

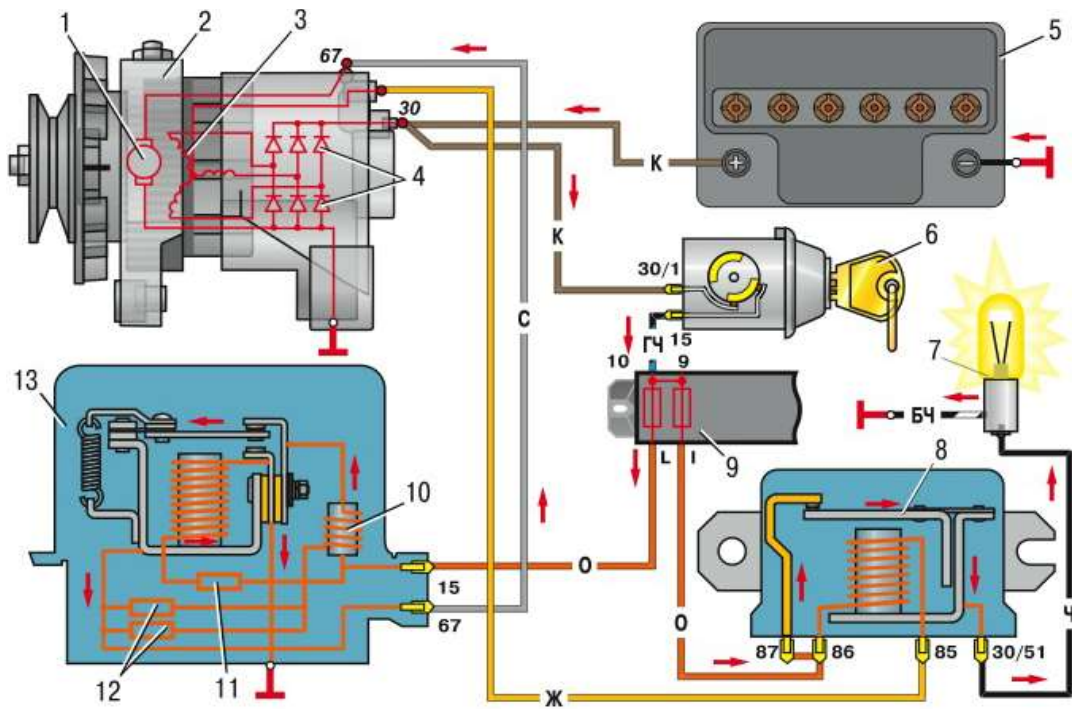


Рис. 2.1. Схема підключення елементів системи електропостачання:
 1...4 – складові вентильного генератора; 5 – АКБ; 6 – вимикач запалювання;
 7 – контрольна лампа; 8 – реле контрольної лампи; 9 – запобіжники;
 10...13 – складові реле-регулятора (реле напруги)

Якість напруги, що виробляється генераторною установкою оцінюється рівнем пульсацій які виникають при випрямленні напруги генераторів змінного струму та при дискретному регулюванні струму збудження.

При дискретному регулюванні середнього значення струму збудження, миттєве значення напруги генератора періодично змінюється від рівня напруги спрацьовування до рівня напруги повернення. Вимоги до бортової системи електропостачання з позицій якості напруги визначаються якісним складом споживачів (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні, радіочастотні).

2.2. Устрій і принцип будови автомобільних вентильних генераторів

Автотракторні генератори можна класифікувати за кількома ознаками. Головною ознакою є рід напруги, що виробляється (машини постійного та змінного струму). Синхронні генератори змінного струму в порівнянні з машинами постійного струму мають переваги, що пояснюються особливістю їх улаштування.

По-перше, якірна обмотка 2 на полюсі 3, з якої знімається струм навантаження (десятки ампер) розташована на статорі 1 (стаціонарне підключення), а обмотка збудження 4, на роторі 5 (рис. 2.2).

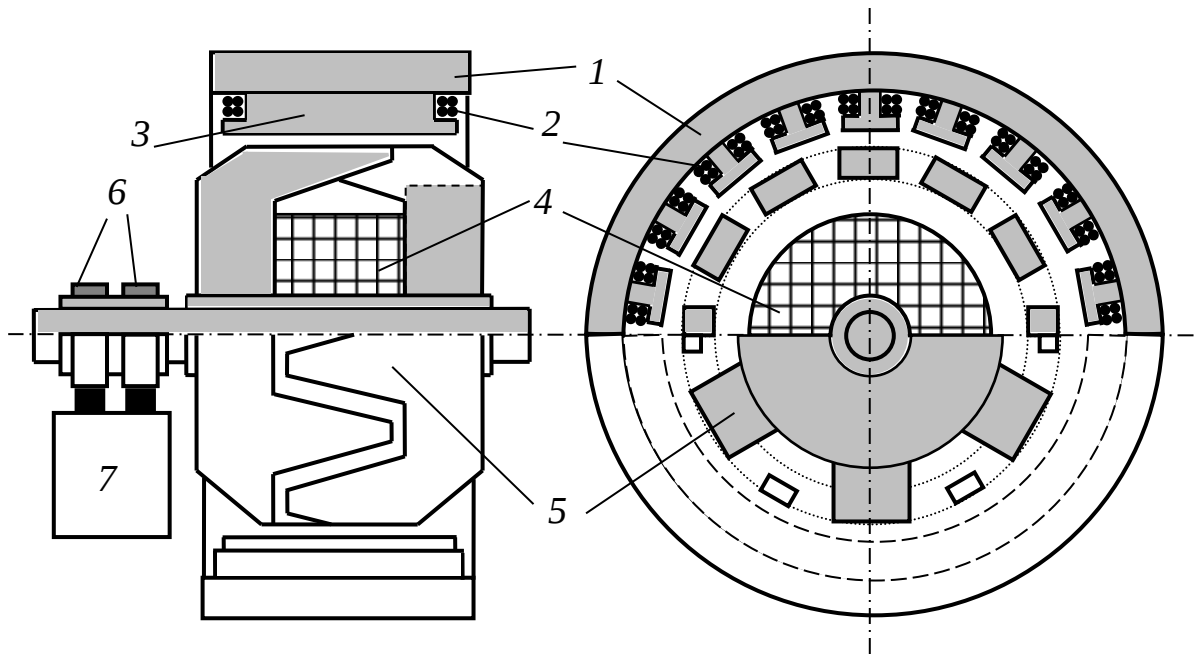


Рис. 2.2. Конструктивна схема генератора з дзьобоподібним ротором

Струм обмотки збудження (одиниці ампер) подається через контактні кільця 6 за допомогою щіткового вузлу 7 без комутаційних процесів. Завдяки таким особливостям значно розширюється швидкісний діапазон, підвищується надійність та термін експлуатації генераторів змінного струму. Високі допустимі оберти ротору генератора дозволяють застосовувати більші передаточні співвідношення шківів приводу та отримувати віддачу потужності в мережу (при номінальній напрузі) на обертах холостого ходу ДВЗ.

По-друге, синхронні генератори мають більш високу питому потужність (до 150 Вт/кг) та відповідно менші масогабаритні параметри при однаковій номінальній потужності.

По-третє, спрощення конструкції (поліпшення технологічності виготовлення) та менші витрати міді обумовлюють невисоку ціну електричної машини змінного струму.

По-четверте, при застосуванні генераторів змінного струму в системі не потрібно передбачати реле зворотного струму (завдяки наявності вмонтованого випрямляча) та реле обмеження максимального значення струму (завдяки властивості самообмеження струму в обмотці якоря).

За принципом побудови автотракторні вентильні генератори поділяють на генератори з дзьобоподібним ротором та індукторного типу (безконтактні).

Генератор Г250 і його модифікації, а також генератори Г266/271/272/286 відносяться до вентильних (блок 3) генераторів з дзьобоподібним ротором (рис. 2.3, а, б). Між алюмінієвими кришками 1 і 13 за допомогою стяжних гвинтів закріплюється сердечник 10 статора, що є магнітопроводом, який для зменшення нагрівання вихровими струмами набирають з тонких сталевих пластин, ізольованих одна від одної лаком (шихтований).

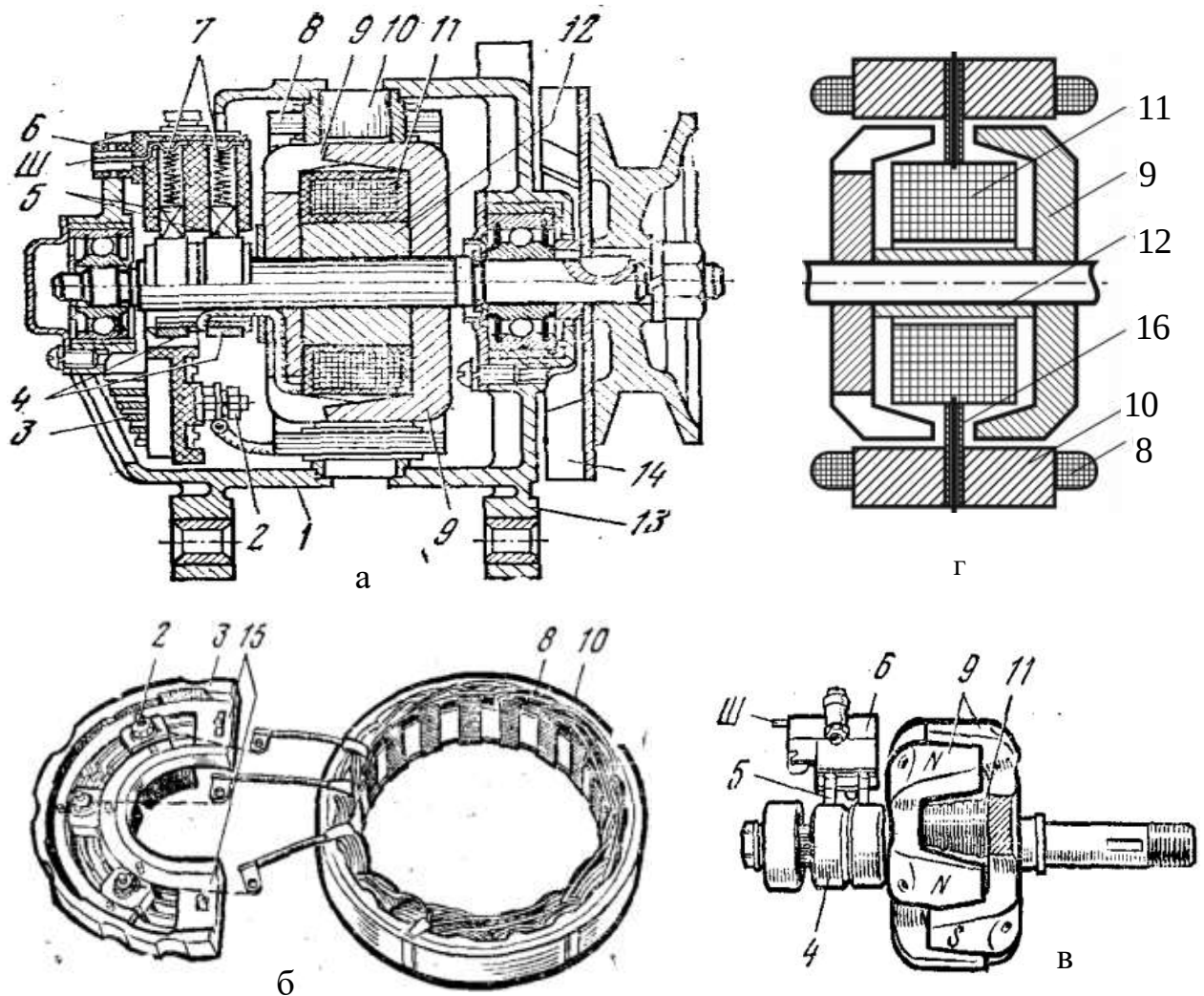


Рис. 2.3. Конструкція генератора з дзьобоподібним ротором:
а – загальна компоновка; б – статорна частина; в – роторна частина; г – компоновка безконтактного варіанту з укороченими дзьобами

Внутрішня поверхня статора має вісімнадцять зубців, на які нанизано вісімнадцять котушок обмотки 8 статора. Котушки розподілені на три фази і включені за схемою «зірка», а в генераторі Г286-по схемі «трикутник». У кожній фазі включено по шість послідовно з'єднаних котушок. Кінці котушок фаз приєднані до трьох затисків 2 блоки кремнієвих діодів випрямляча 3. Усі діоди підключені до сполучних шин 15. У період роботи генератора в котушках обмотки статора відбувається індукція ЕРС, під дією якої по обмотці збудження й у колі підключених споживачів протікає струм. Ротор (рис. 2.3, в) складається з двох сталевих шестиполюсних наконечників 9, виконаних з магнітно-м'якої сталі. Наконечники однієї половини ротора з північною магнітною полярністю входять між наконечниками другої половини ротора з південною магнітною полярністю. Ротор обертається в двох кулькових підшипниках, встановлених у кришках.

Котушка обмотки 11 збудження нанизана на сталеву втулку 12, розташовану між полюсними наконечниками. Кінці обмотки припаяні до мідних контактних кілець 4, установлених на ізоляційні втулки. Дві графітові щітки 5 генератора встановлені в щіткотримачі 6 і притискаються до контактних кілець пружинами 7. У генераторах Г221, Г250 і Г271 ізольована від корпусу щітка з'єднана провідником зі штекерним затиском; інша щітка з'єднана з корпусом генератора. У генераторах Г272, Г266 і Г286 обидві щітки ізольовані від корпусу і з'єднані зі штекерними затисками Ш рознімання 6. Полюсні наконечники 9, втулка 12 і ізоляційні втулки контактних кілець 4 напресовані на рифлену поверхню валу ротора. Кришки 1 і 13 генератора мають прорізи для руху повітря, створюваного крильчаткою 14 шківів. На кришці 1 установлений мінусовий затиск «—» (гвинт, вкручений у кришку) і ізольований від корпусу плюсовий затиск «+».

На рис. 2.3, г показано компоновку генератора, у якого на відзнаку від традиційної конструкції, ОЗ закріплена на статорі за допомогою немагнітного диска 16. Таким чином статорна ОЗ живиться через стаціонарні клеми (замість щіток і контактних кілець). Генератор такої конструкції має меншу питому потужність. Поряд з цим, відсутність рухомого контакту дозволяє знизити експлуатаційні витрати на його обслуговування.

Основною відзнакою генератора індукторного типу є те, що обидві обмотки (якірна та збудження) розташовані на статорі машини (рис. 2.4, а).

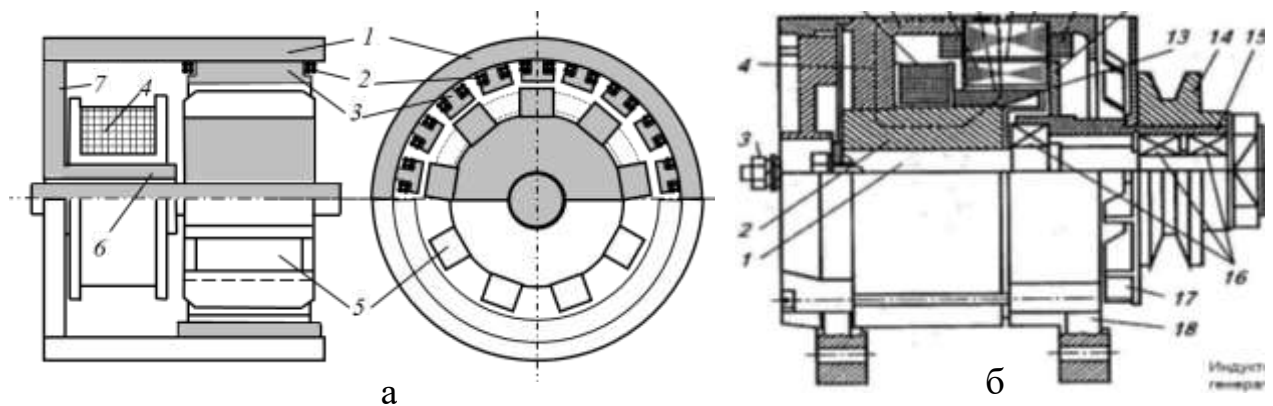


Рис. 2.4. Конструкція генератора індукторного типу:

а – з осьовим ротором; б – з консольним ротором

Обмотка збудження 4 розташована на втулці 6, що поєднана з кришкою генератора 7. В такій конструкції, магнітний потік в полюсах статора 3 змінює своє значення за рахунок зміни магнітної провідності повітряного зазору при обертанні ротору 5. Відносно полюсів (зубців) ротора потік збудження виникає в однаковому напрямку (однойменно-полюсні генератори). Така конструкція індуктора більш технологічна, але й більш важка (кришка генератора виготовляється з магнітного матеріалу).

Для зменшення маси (інерційності) ротора, в конструкції індуктора використовують консольне кріплення нерухомої циліндричної феромагнітної маси і зубцевої зони ротора, яка обертається (рис. 2.4, б).

Трифазні якірні обмотки генераторів змінного струму підключаються за схемою «зірка» або «трикутник». Обмотки багатофазних індукторних генераторів підключаються за схемою «багатокутник».

Підключення за схемою зірки є переважним з позицій отримання достатньої напруги при малих частотах обертання ротору генератора (ДВЗ). Для схеми трикутника фазна напруга дорівнює лінійній, а лінійні струми перевищують фазні в 1,73 рази. Тому при рівній потужності генератора фазні обмотки, що підключені трикутником мають більш тонкий провід (краща технологічність при намотувальних операціях). З цих же міркувань в потужних генераторах застосовують подвійні якірні обмотки, які підключаються паралельно одна до одної.

Використання багатофазних машин з двопівперіодними випрямлячами дозволяє підвищити питому потужність та покращити якість напруги автотракторних генераторів.

Змінний струм генератора перетворюється в постійний випрямлячем, зібраним по трифазній двопівперіодній схемі на шести кремнієвих діодах, які вмонтовані в дві (плюсову і мінусову) контактні пластини, що водночас виступають і радіаторами (рис. 2.5, б).

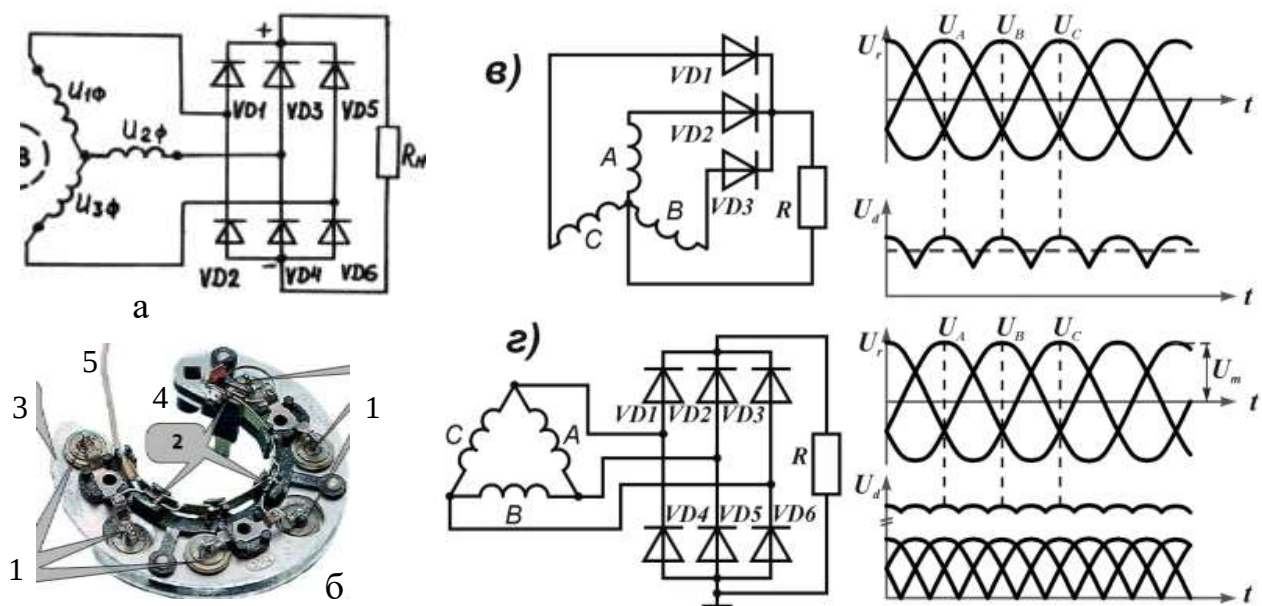


Рис. 2.5. Устрій та функціонування випрямляча вентильного генератора:

- а – двопівперіодне випрямлення для системи напруги за схемою «зірка»;
- б – конструкція вентильного вузла; в – однопівперіодне випрямлення для системи напруги за схемою «зірка»; г – двопівперіодне випрямлення для системи напруги за схемою «трикутник»

На одну пластину 3 встановлені на різьбі вентиля 1 анодної групи (мінусова пластина), на другій 4 – катодної (плюсова пластина). Протилежні виводи діодів під'єднанні пайкою до якірних обмоток за відповідною схемою (рис. 2.5, а, в, г). Мінусова шина випрямного блоку з'єднана з корпусом генератора, а плюсова ізольована від корпусу і з'єднана з затиском «+» проводом 5. В деяких блоках випрямляча задіється додатковий міст з трьох діодів 2, напруга з якого виводиться на сигнальну лампу системи електропостачання.

В двохнапівперіодних випрямлячах, побудованих за схемою Лаврентьєва, на кожний момент часу задіються два діоди. В катодній групі, коло струму включає діод до якого підключена фаза з найбільшим значенням напруги, в анодній – з найменшим.

В трифазних якірних обмотках синхронного генератора включених за схемою «зірки» в нульовому виводі виникають треті гармоніки фазної напруги. Якщо для нульової точки підключити додаткову пару вентилів, то енергію цих гармонік можна додати у мережу системи електропостачання. Потужність, що віддає генератор в такому разі підвищується на 12...15 %. Нульова точка обмотки за схемою «зірка» також може використовуватися для живлення реле контрольної лампи.

Швидкісний режим генератору визначається швидкісним режимом ДВЗ та залежить від передаточного співвідношення приводу (діаметрів шківів приводу та генератору) яке для різних АТЗ знаходиться у межах 1,5...2,4.

Лекція №5 (2 години)

Тема 2. Системи електропостачання споживачів борта

2.3. Електричні характеристики генератора та методи регулювання напруги.

2.4. Порівняльний аналіз регуляторів напруги різних типів.

2.3. Електричні характеристики генератора та методи регулювання напруги

Основними технічними параметрами генератора, що зумовлюють відповідні характеристики генераторної установки, є номінальні значення напруги U_H , струму I_H , частоти обертання ротора n_H і потужності P_H під навантаженням максимальним струмом при номінальній напрузі.

Для автомобільних вентильних генераторів розглядають декілька характеристик, які показують залежність між його експлуатаційними параметрами при певних умовах, щодо їх номінальних значень (рис. 2.6).

Напруга на виході генератора U_G залежить від його конструкції C_E , частоти обертання ротора n , значення потоку збудження Φ і струму навантаження I_G та визначається формулою

$$U_G = C_E n \Phi - I_G \sqrt{R_0^2 + X_L^2} = E_G(n, I_3) - \Delta U_G(I_G, n)$$

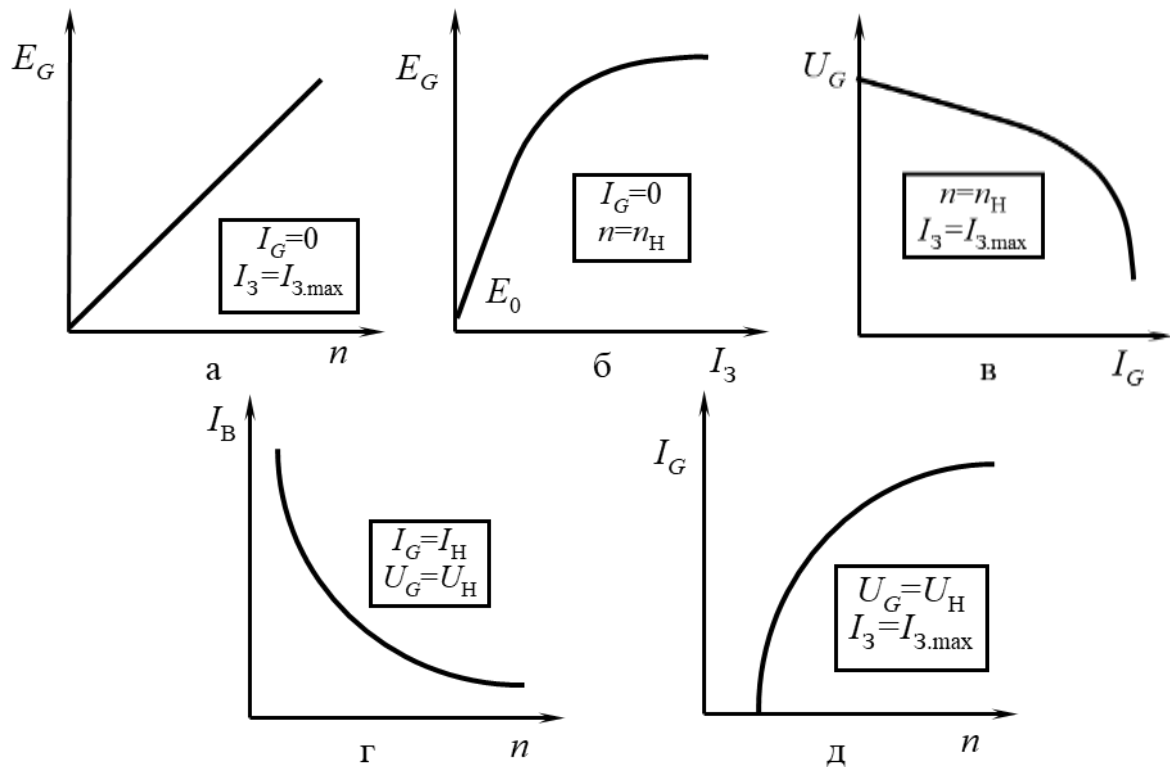


Рис. 2.6 – Електричні характеристики вентильного генератора:

а – швидкісна; б – холостого ходу; в – зовнішня; г – регулювальна; д – струмо-швидкісна

Потік збудження Φ залежить від струму збудження I_3 згідно кривій намагнічування магнітопроводу індуктора. Падіння напруги на генераторі під навантаження ΔU_G визначається через активну R_0 та індуктивну X_L складові внутрішнього опору джерела живлення.

Швидкісна характеристика являє лінійну залежність, оскільки $I_G=0$. На характеристиці холостого ходу початкова точка E_0 визначається ЕРС, що спричинена потоком остатнього намагнічування Φ_0 індуктора. Характеристика має лінійну ділянку зростання E_G ненасиченого індуктора і нелінійну ділянку зони насичення, яка пояснюється кривою намагнічування. Зовнішня характеристика починається з точки $U_G=E_G$. Далі нахил характеристики визначається підвищенням падіння напруги на внутрішньому опорі генератора ΔU_G . Спадання зовнішньої характеристики при значних струмах I_G пояснюється здатністю синхронного генератора до самообмеження струму (размагнічуючої дії поля статорних обмоток – реакції якоря). Регулювальна характеристика показує закон зміни струму у колі збудження, при якому на виході генератора, підтримується напруга постійного значення. Нелінійність характеристики пояснюється кривою намагнічування заліза генератора. Діапазон характеристики обмежується напругою живлення кола збудження.

Оскільки струм, що може віддати генератор, залежить від частоти обертання його ротора, то ці два параметри характеризуються однією основною ви-

хідною струмо-швидкісною характеристикою СШХ (рис. 2.6, д). Нелінійність характеристики обумовлена індуктивним опором якірних обмоток, яка залежить від частоти обертання (частоти струму в якірних обмотках) та послаблюючою реакцією якоря.

$$I_G(n) = \frac{C_E n \Phi - U_H}{\sqrt{R_0^2 + X_L^2}} = \frac{E(n) - U_{const}}{r_0(n)}$$

В паспортних даних генератора вказуються крайні точки СШХ, що обмежують характеристику – оберти початку віддачі потужності n_0 і максимальний струм генератора (зазвичай при частоті обертання 5000 хв⁻¹. Номінальний режим генераторної установки обирають в точці розрахункового навантаження.

Зміна величини напруги, яка виробляється генератором на борту автомобіля U_G спричиняється зміною частоти обертання ДВЗ та електричного навантаження генератора I_G в процесі експлуатації автомобіля. Стабілізація напруги генератора здійснюється шляхом регулювання потоку $\Phi = f(I_3)$ збудження. Регулювання струму збудження генератора можна здійснювати безперервним або дискретним методом. Систему автоматичного керування напруги реалізують на електромеханічному, електронному або мікропроцесорному рівні.

Перевагою безперервного регулювання є точність підтримки вихідного сигналу (мала помилка перерегулювання ΔU), недоліком – значні втрати потужності на резистивному опорі R_{PE} регулюючого елемента ($\Delta P = R_{PE} I^2$ до 50%). У якості регулюючого елемента використовується транзистор, який функціонує в лінійному режимі.

При дискретному регулюванні керуючий вплив (струм збудження) задається двома дискретними рівнями напруги, а його середнє значення змінюється за рахунок зміни шпаруватості γ (широтно-імпульсна модуляція) або форми (частотно-імпульсна модуляція) імпульсів керуючого впливу (рис. 2.7).

Середнє значення струму в навантаженні при широтно-імпульсному регулюванні (рис. 2.7, а) визначається через час-амплітудні параметри сигналу. Частотне регулювання струму (рис. 2.7, б) можливо тільки при роботі регулятора на реактивне навантаження (індуктивний характер обмотки збудження). При цьому, середнє значення струму залежить від характеру перехідних процесів.

Основною перевагою дискретного методу регулювання є мала потужність втрат у регулюючому елементі. У якості регулюючого елемента використовуються комутаційні контакти (контактно-вібраційні РН) або транзистор, який функціонує в ключових режимах насичення та відсічки (контактно-транзисторні та безконтактні РН). В стані насичення вихідний опір транзистора $r_{KE} \rightarrow 0$, а в стані відсічки вихідний струм $I_K \rightarrow 0$. Таким чином, потужність втрат на транзисторі в обох ключових станах зведена до мінімуму. Недоліком дискретного методу є низька якість величини, що регулюється (значні пульсації ΔU).

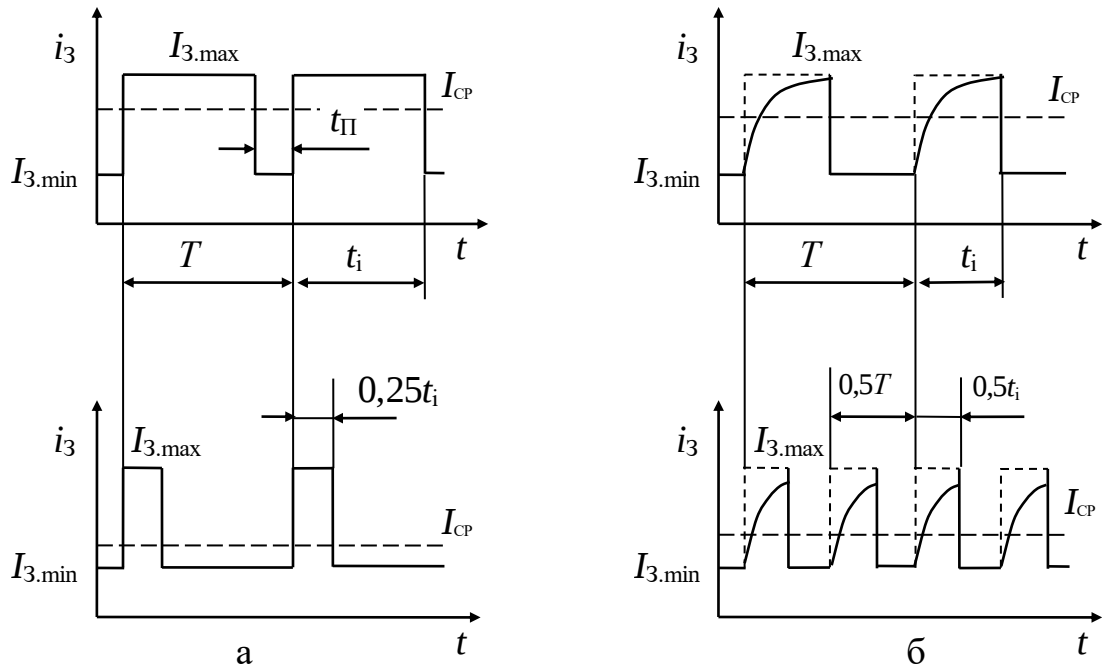


Рис. 2.7. Дискретне регулювання середнього значення струму збудження:
а – широтно-імпульсна модуляція; б – частотно-імпульсна модуляція

Електричне коло та магнітна система генератора є інерційними ланками системи керування, що поліпшує якість напруги, регульованої дискретним методом. Крім того електромагнітні споживачі теж мають електричну та магнітну інерційність. Такі умови дозволяють застосовувати дискретне регулювання напруги в системах електропостачання автомобілів і тракторів.

Реалізація дискретного методу регулювання струму збудження в автотракторних генераторах здійснюється різними способами (рис. 2.8).

На часових діаграмах дискретні рівні струмів визначені для випадку $R_d = r_{O3}$ та для спрощення не враховуються реактивна дія обмотки збудження (індуктивний опір x_L) і реальні параметри комутуючого елементу SA. Критеріями вибору способу дискретного регулювання струму збудження є величина пульсації регульованої напруги ΔU , діапазон регулювання середнього значення струму збудження, потужність, що втрачається на регуляторі.

Найбільш економічним рішенням є проста комутація струму (рис. 2.8, а). Діапазон регулювання струму, в цьому випадку, обмежується максимальним значенням струму $I_{max} = U_{ж} / r_{O3}$. Однак під час отримання малих значень струму (шпаруватість $\gamma < 20\%$, $\Delta I = I_{max}$), не зважаючи на інерційність кола збудження, спостерігається дискретність регулювання, що викликає значні пульсації регульованої напруги ΔU .

Використання обмежуючого резистору R_d (рис. 2.8, б) приводить до втрат потужності на ньому коли ключ SA розімкнутий. Дискретність регулювання великих значень струму зменшується ($\Delta I = I_{max} - I_{min}$), якість напруги, що виробляється – підвищується.

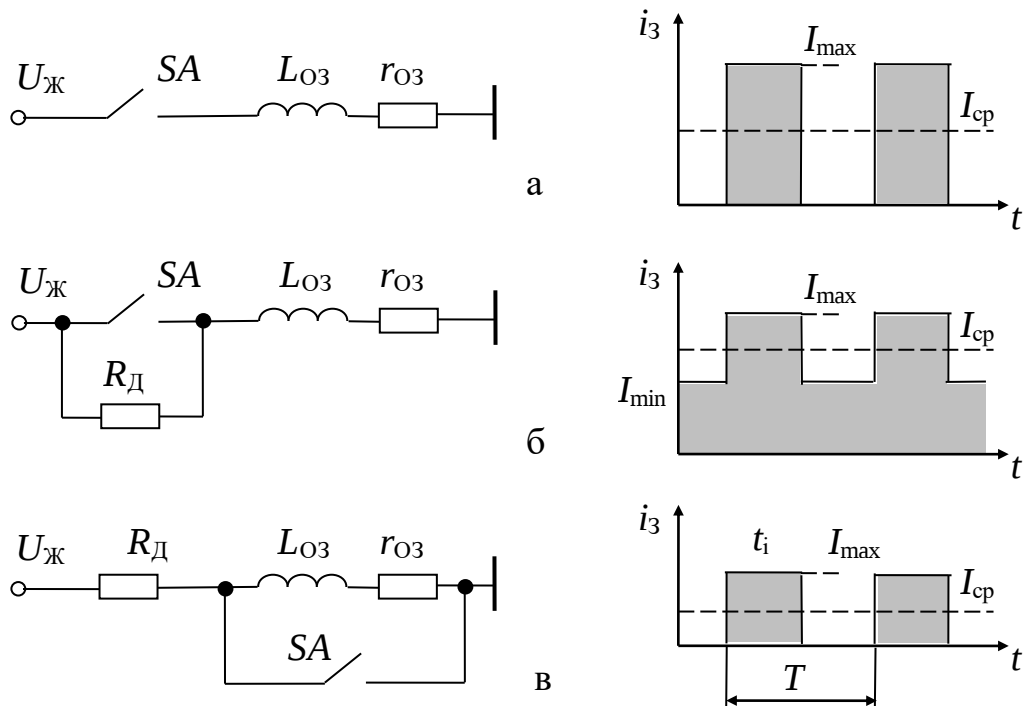


Рис. 2.8. Способи дискретного регулювання струму збудження:
а – проста комутація; б – обмеження струму; в – шунтування обмотки

Однак отримати малі значення струму ($I_3 < I_{\min}$) при такій схемі неможливо. Щоб розширити нижню межу регулювання струму, величину опору $R_{\text{Д}}$ обирають якомога більшою. Це, в свою чергу, приводить до підвищення пульсацій ΔI та ΔU .

Шунтування обмотки збудження (рис. 2.8, в) дозволяє отримати задовільну якість регулювання малих значень струму, але при цьому обмежується його максимальне значення. Щоб розширити верхню межу регулювання струму, величину опору $R_{\text{Д}}$ обирають якомога меншою. В наслідок цього підвищуються втрати потужності на опорі $R_{\text{Д}}$ та погіршується якість регулювання (підвищуються пульсації ΔI та ΔU).

Необхідний діапазон регулювання струму збудження в системі бортового електропостачання визначається швидкісним діапазоном обертання ротору генератора (обертами ДВЗ), його структурними параметрами та характеристиками. Якість дискретного регулювання струму збудження та відповідно напруги, що виробляється, залежить від параметрів кола збудження (індуктивності та резистивного опору обмотки). Спосіб дискретного регулювання в кожному конкретному випадку обирають, виходячи з перелічених міркувань. Щоб задовольнити суперечливим вимогам щодо якості та діапазону регулювання, застосовують комбіновані підходи (двоступеневі регулятори).

2.4. Порівняльний аналіз регуляторів напруги різних типів.

Регулятор напруги (РН) виконує широтно-імпульсне (дискретне) регулю-

вання струму в обмотці збудження генератора з метою підтримання постійного рівня напруги бортової мережі при русі автомобіля (трактора) з різною швидкістю та при коливаннях значень струму, що споживається системою електрообладнання (рис. 2.9, а, б).

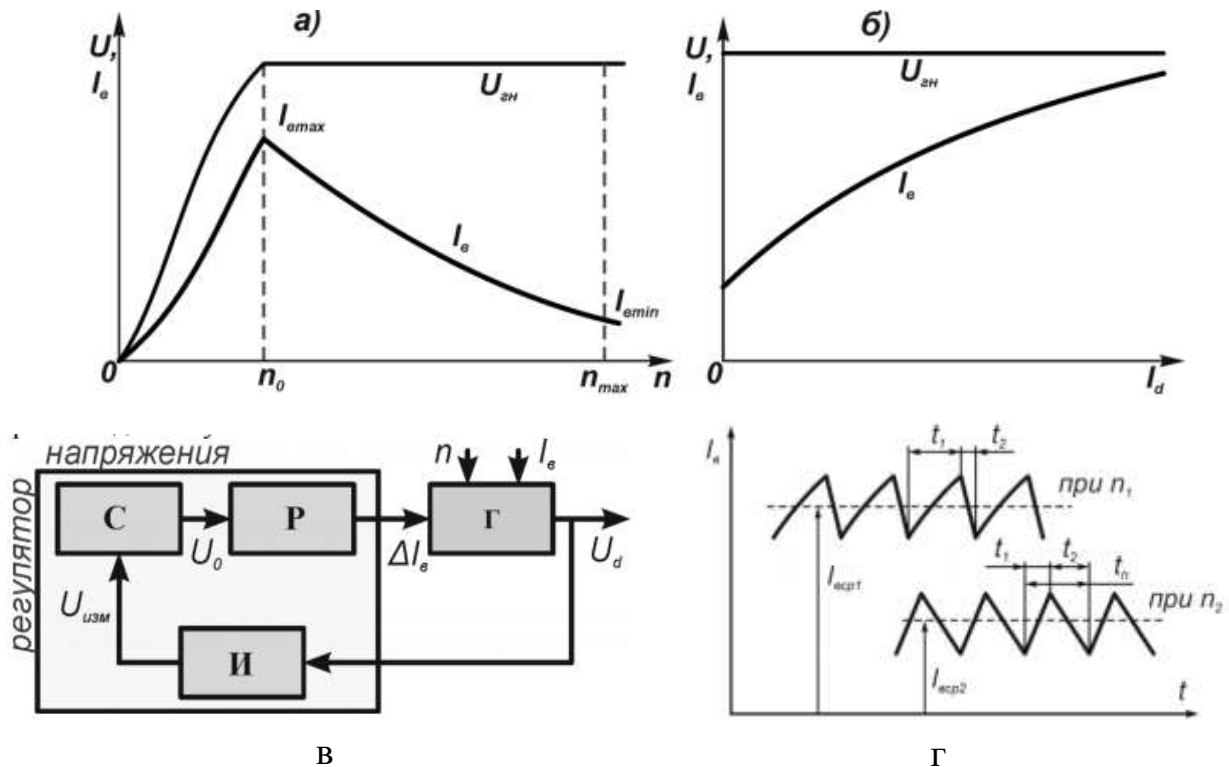


Рис. 2.9. Регулювання струму збудження генераторної установки:

а – залежно від частоти обертання; б – залежно від струму навантаження;

в – функціональна схема системи автоматичного регулювання;

б – діаграма миттєвих значень струму збудження

З позицій теорії автоматичного керування, генераторна установка являє систему автоматичного регулювання напруги, в якій генератор «Г» розглядається як об'єкт керування, напруга на виході U_G – як вихідний сигнал, струм навантаження I_G та оберти ротора n – як впливи, що збурюють, а струм збудження I_3 – як керуючий вплив [4, 11, 12, 18]. Регулятор напруги, який складається з вимірювача «И» схеми порівняння «С» і регулятора «Р», утворює негативний зворотний зв'язок, який забезпечує стабілізацію вихідного сигналу U_G (рис. 2.9, в).

При дискретному підключенні напруги до обмотки збудження, струм в її колі змінюється за експоненціальними законами перехідних процесів в реактивному (індуктивному) навантаженні. При цьому, середнє значення I_3 змінюється залежно від шпаруватості γ , яка спричиняється регулятором напруги в автоматичному режимі (рис. 2.9, г).

Регулятори напруги дискретної дії порівнюють за загальними (ККД, надійність та довговічність, стійкість до вібрацій та агресивного середовища, стабільність характеристики, експлуатаційні витрати на технічне обслугову-

вання, ціна) та специфічними (рівень напруги, що регулюється, рівень пульсацій регулювання, структура регулювання, падіння напруги на регулюючому елементі, максимальний струм збудження) технічними параметрами.

За принципом побудови регулятори напруги промислових зразків поділяють на контактні-вібраційні, контактні-транзисторні та безконтактні. Основною класифікаційною ознакою для регуляторів є спосіб комутації струму, який визначає конструктивне та схемне рішення пристрою (рис. 2.10).

Під вихідною напругою U_G в обмотці вібраційних регуляторів «ОР» виникає струм, який утворює електромагнітну силу, що діє на якірець «Я». З іншого боку якірець стримується силою повертаючої пружини «П» (опорний рівень). Утворена у такий спосіб система порівняння формує сигнал ШІМ регулювання струму збудження. В контактних реле-регуляторах (рис. 2.10, а, б), контакти реле здійснюють безпосередню комутацію струму збудження.

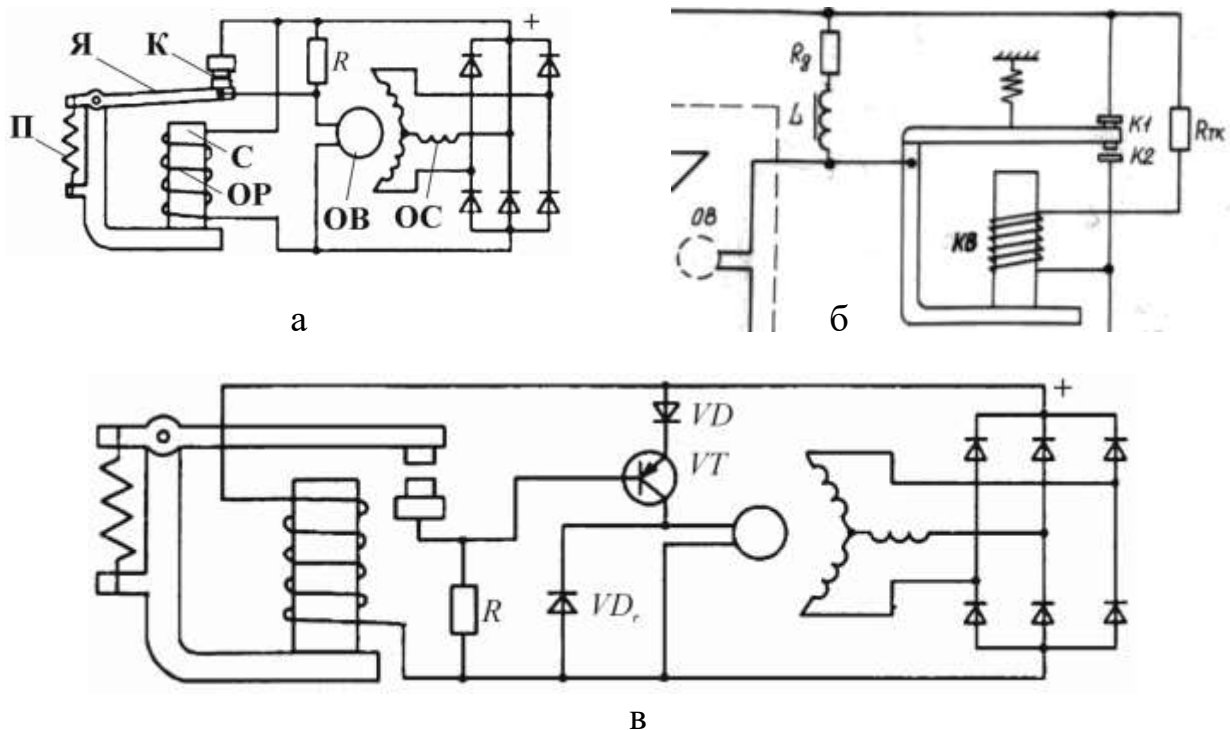


Рис. 2.10. Схеми контактних-вібраційних реле-регуляторів:
а – одноступеневий; б – двоступеневий; в – контактний-транзисторний

В одноступеневих регуляторах підтримується структура регулювання, яка показана на рис. 2.8, б. Електромеханічні регулятори не забезпечують необхідну стабільність напруги в бортовій електромережі автомобіля, мають низьку експлуатаційну надійність, термостабільність та вібростійкість.

Механічна комутація струму в контактних-вібраційних РН обмежує допустимий струм збудження генератора та швидкісний діапазон регулювання, спричиняє значний рівень пульсацій напруги, що регулюється. Контактні РН потребують періодичного обслуговування (налаштування, очищення контактів), є джерелами радіохвильових перешкод.

В двоступеневих регуляторах задіється перекидний контакт. Перша контактна пара «K1» реалізує схему (рис. 2.10, а), друга, «K2» – замикає обмотку збудження, підтримуючи структуру регулювання, яка показана на рис. 2.8, в. Використання двох ступенів (трьох дискретних рівнів струму) дозволяє розширити діапазон регулювання та знизити рівень пульсацій струму збудження. Додаткові елементи контактних регуляторів дозволяють підвищити термостабільність регулювання напруги (стабілізація струму в обмотці реле R_{TK}) та знизити іскроутворення між контактними парами (дросель L) під час комутації струму.

Використання транзистору як комутуючого елементу в *контактно-транзисторних РН* дозволяє значно підвищити допустимий струм збудження та надійність роботи механічних контактів. Вимірювальна частина таких реле-регуляторів також виконана на електромагнітному рівні і тому недоліки пов'язані з дискретністю та точністю регулювання не усуваються. В РН цієї групи може реалізовуватися структура регулювання струму (див. рис. 2.8, б) або (див. рис. 2.8, а). В першому випадку використовується додатковий резистор, в другому – комутація струму здійснюється безпосередньо транзисторним ключем VT (рис. 2.10, в). Резистор R обмежує струм бази (керування), забезпечуючи підсилюючі якості VT та струмове розвантаження контактів. Діод VD захищає VT від перенапруги і інверсного увімкнення під час перехідних процесів.

Застосування напівпровідникових приладів в безконтактних РН дозволяє позбутися недоліків пов'язаних з механічною комутацією струму (використання виконавчого транзистору) та електромагнітним вимірюванням напруги (використання стабілітрону).

Швидкодія дискретних транзисторних регуляторів не обмежена явищами електричної, магнітної та механічної інерційності, а строк служби елементів електронної схеми перевищує термін експлуатації транспортного засобу. При цьому, електронні РН мають порівняно високий ККД та практично не потребують обслуговування. Термостабільність транзисторних РН забезпечується на електронному рівні шляхом застосування негативних зворотних зв'язків. Надійність електронних РН в експлуатаційних умовах визначається досконалістю схем захисту напівпровідникових приладів при їх функціонуванні в ключових режимах.

В схемі електронного регулятора напруги вхідний і вихідний транзистори переключаються в протифазному режимі (рис. 2.11, а). Вимірювальна частина РН складається з дільника напруги $R1$, $R2$ і стабілітрона $VD2$ (опорного рівня). Коли напруга на плечі $R2$ менша за напругу пробою стабілітрона $VD2$, струм у колі бази $VT1$ відсутній і він зачинений. При цьому, виконавчий $VT2$ перебуває у відчиненому стані під дією струму бази через резистор $R4$ і обмотка збудження r_3 підключена до напруги живлення U (струм збудження і напруга генератора зростають). Коли напруга на $R2$ перевищує напругу пробою $VD2$, у колі бази $VT1$ виникає струм, який відчиняє транзистор. Відчинений ключ $VT1$ шунтує вхід $VT2$ та призводить до його зачинення і знеструмлення обмотки збудження r_3 (напруга генератора спадає).

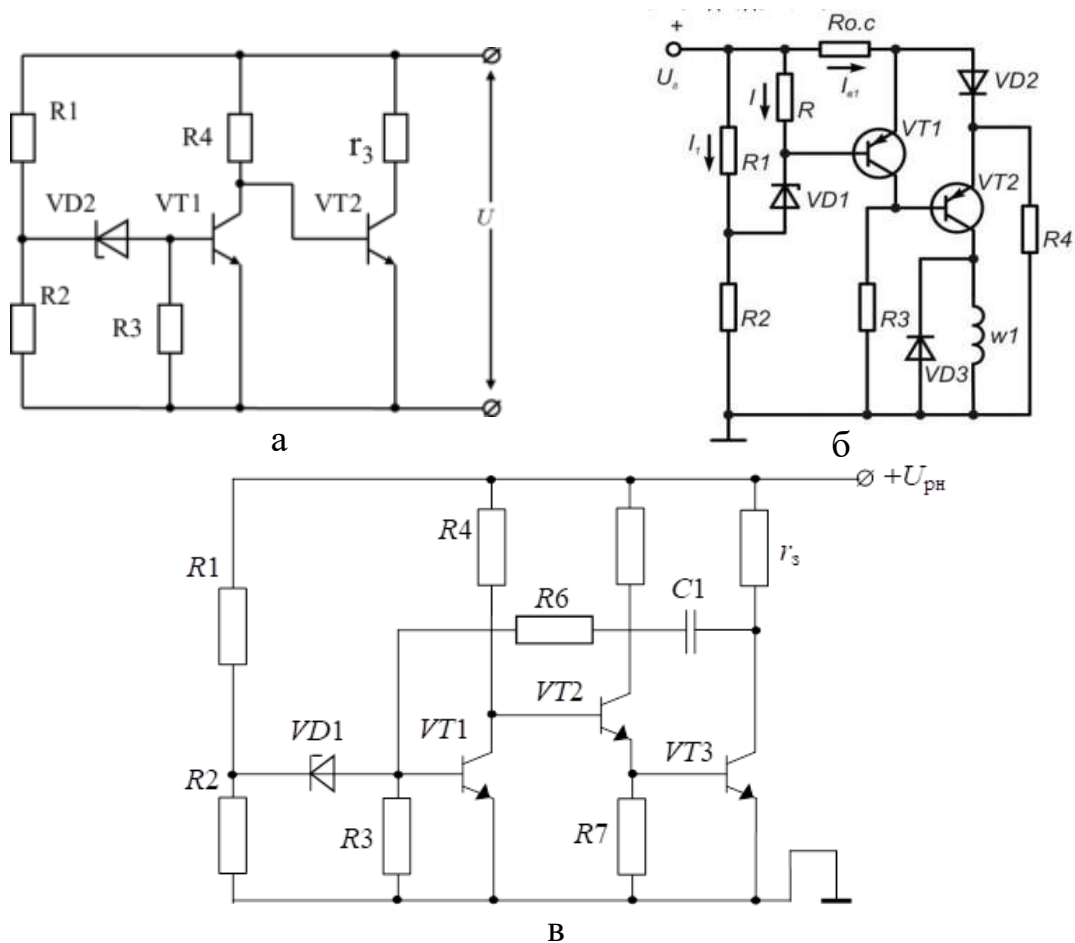


Рис. 2.11. Схеми безконтактних регуляторів напруги:

а – принципова; б – з жорстким емітерним зворотним зв'язком; в – з гнучким колекторним зворотним зв'язком

Для підвищення швидкодії перемикання транзисторів, в схемах РН використовують кола позитивних зворотних зв'язків. Емітерний зв'язок R_{oc} додає напругу на вході $VT1$ у протифазі зі зміною струму через $VT2$ і R_{oc} (рис. 2.11, б). За необхідністю, до схеми РН додають підсилюючий каскад $VT2$ (рис. 2.11, в). При цьому колекторний зв'язок $R6, C1$ додає струм на вході $VT1$ у протифазі зі зміною напруги на колекторі вихідного транзистора $VT3$.

При жорстких вимогах до якості напруги, використовують більш досконалу схему вимірювальної частини РН у вигляді вимірювального моста з парними плечами $R1, R2$ і $R3, VD1$ (рис. 2.12, а).

Слід зазначити, що в існуючих схемах РН крім основних елементів є ряд додаткових, які дозволяють покращити роботу РН в режимі дискретного регулювання, знизити потужність, що споживається, та збільшити надійність роботи його елементів. З цього приводу, застосовують: кола зворотних зв'язків, елементи захисту і термокомпенсації, фільтри, що згладжують пульсації напруги та елементів, які змінюють структуру регулювання напруги (рис. 2.12, б).

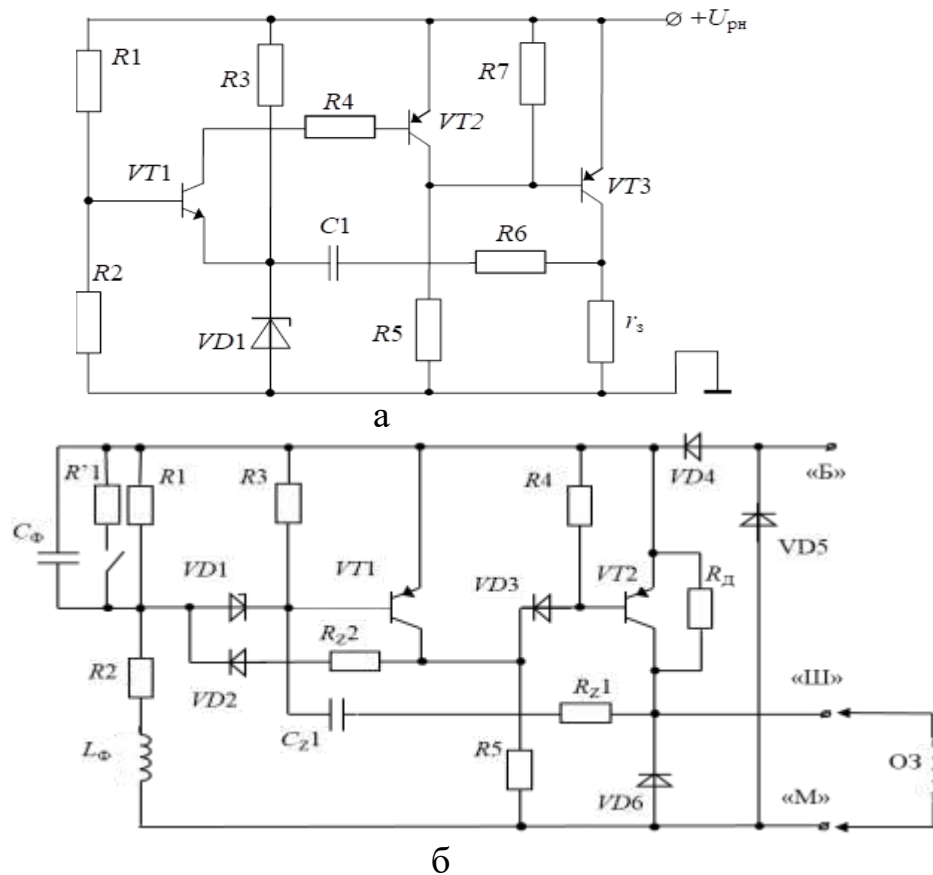


Рис. 2.12. Схеми регуляторів напруги:

а – з вимірювальним мостом; б – з додатковими елементами

Щоб підвищити ключову здатність транзисторів, у схемі регулятора використовують коло колекторного додатного зворотного зв'язку C_Z , R_Z . Діод $VD6$ захищає виконавчий транзистор $VT2$ від перенапружень, що виникають при комутації струму в обмотці збудження. Резистор $R5$ поліпшує електричну міцність електронного ключа $VT2$ в зачиненому стані. Діоди $VD4$, $VD5$ захищають напівпровідникові прилади схеми від кондуктивних перешкод інверсної полярності, які виникають в мережі живлення під час експлуатації автомобіля.

З метою виключення впливу на процес регулювання пульсацій, що спричинені випрямлячем генератора, до вимірювальної частини регулятора додають індуктивний (дросель L_Φ) або ємнісний (конденсатор C_Φ) фільтр.

Для зменшення рівня пульсації регулювання ΔU , каскад вимірювальної частини охоплюється від'ємним зворотнім зв'язком (коло $R4$, $VD2$). Резистор R_D дозволяє змінювати структуру регулювання струму збудження та підвищити якість регульованої напруги на малих обертах генератора.

З метою підвищення потенційного бар'єру вихідного каскаду та поліпшення його ключової здатності (за умовою протифазного переключення) застосовують діод $VD3$ в колі бази транзистора $VT2$.

Зміна температури в зимовий і літній періоди експлуатації автомобіля вимагає зміни режиму підзарядки акумуляторної батареї. В зимовий час напру-

гу бортової мережі необхідно підтримувати на 10...15 % вище, ніж у літній. З цією метою в схемі передбачають «сезонний» резистор R^1 .

Більшість безконтактних регуляторів промислових зразків мають спільне живлення вимірювальної частини та вихідного каскаду (включаючи коло обмотки збудження). Напруга на затисках акумулятора і генератора, в такому разі, відрізняється від значення регульованої напруги на величину падіння напруги в колі живлення регулятора. Щоб виключити таку розбіжність, в сучасних регуляторах передбачається окремий вимірювальний вивід, що підключається безпосередньо до плюсового затиску акумулятора.

Друга задача, яка вирішується за рахунок розділення кіл живлення, це можливість знеструмлення кола обмотки збудження в разі, якщо генератор виробляє напругу значення якої не перевищує напруги АКБ (виключення розряду АКБ через кола збудження). Варіанти схем безконтактних РН з трьома і чотирма виводами показано на рис. 2.13.

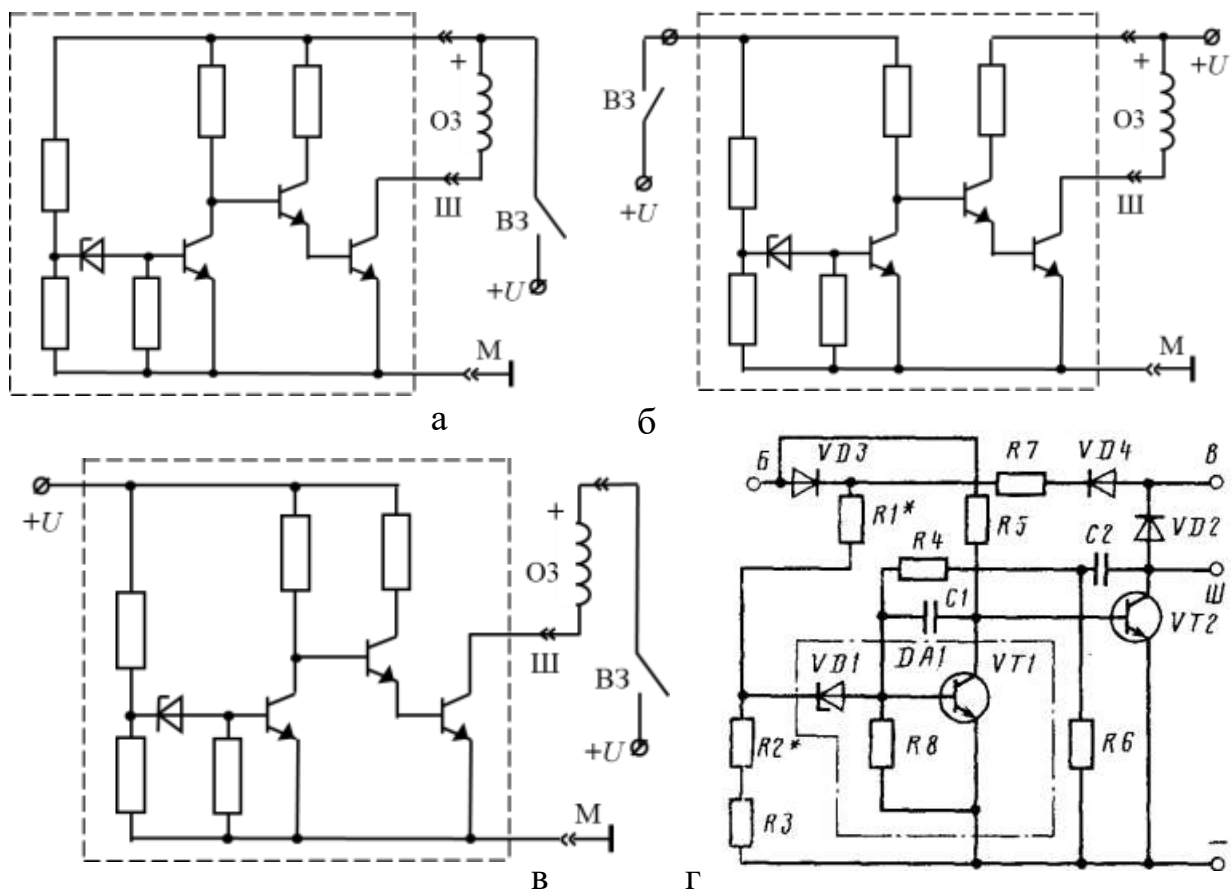


Рис. 2.13. Схеми інтегральних регуляторів напруги:

а – з поєднаним живленням; б...г – з розділеним живленням

Генераторна установка складається з генератора і регулятора напруги та зазвичай являє собою конструктивно закінчений агрегат (регулятор монтується у корпусі генератора). В генераторах (ГВ) різних типів обмотка збудження (ОЗ) може мати заземлений вивід (рис. 2.14, а, г) або обидва ізольовані виводи (рис. 2.14, б, в, д, е).

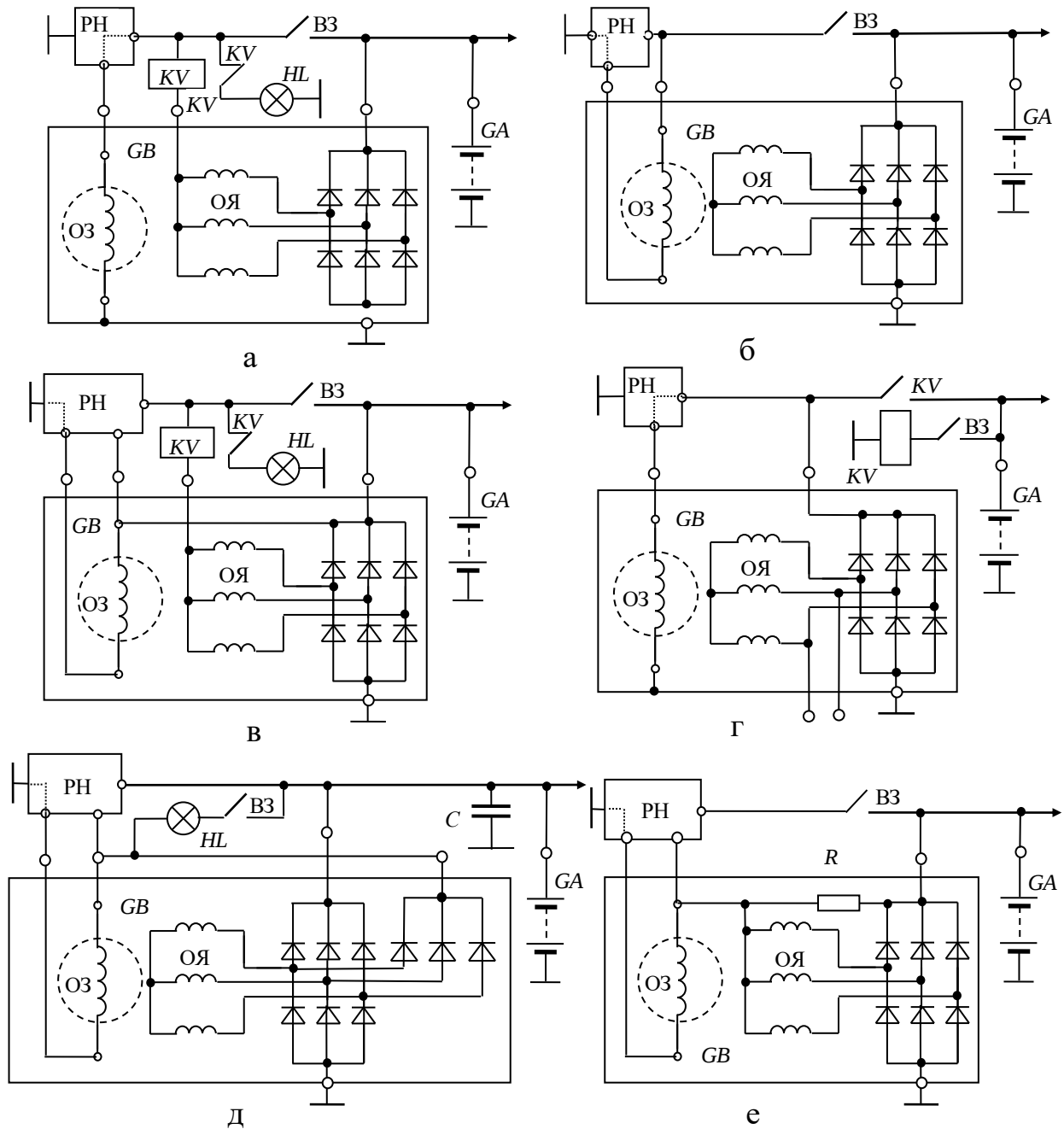


Рис. 2.14. Схеми генераторних установок: а – Г221; б – Г266, 17.3701, 29.3701; в – Г222; г – Г502А; д – 37.3701; е – Г273, Г290

Перший варіант передбачає застосування контактної-вібраційної та контактної-транзисторної регуляторів напруги (РН). Другий – розрахований на використання безконтактних РН. Принципово, в обох варіантах, струм збудження можна комутувати за допомогою транзисторних ключів. Щоб виключити розряд АКБ (GA) при непрацюючому генераторі, коло обмотки збудження відключається від мережі живлення вимикачем (B3) запалювання (рис. 2.14, а, б).

Для контролю працездатності генераторної установки, побудованої за схемою (рис. 2.14, а), використовується реле (KV) контрольної лампи (HL), обмотка якого підключена між виводом АКБ і нульовим виводом якірної обмотки. При вмиканні запалювання обмотка підпадає під напругу АКБ і реле вмикає контрольну лампу. Після розгону генератора середнє значення напруги на нульовому виводі наближується до рівня напруги АКБ, обмотка реле знеструмується, контрольна лампа гасне.

В схемі (рис. 2.14, в) вимикач запалювання відключає тільки вимірювальне коло РН з роздільним живленням. При цьому, коло збудження стає знеструмленним. Таке рішення дозволяє розвантажити контакти вимикача та підвищити їх надійність. Якщо, застосовується РН зі спільним живленням, його вмикають дистанційно за допомогою додаткового реле (рис. 2.14, г).

В деяких генераторах для живлення обмотки збудження та вимірювальної частини РН (з роздільним живленням) використовується додатковий випрямляч малої потужності (рис. 2.14, д). Щоб розпочати процес збудження генератора від АКБ (на малих обертах генератора) передбачено коло малого струму через лампу HL .

Живлення обмотки збудження в генераторних установках з номінальною напругою 28 В доцільно здійснювати від нульової точки якірної обмотки (рис. 2.14, е). При цьому, рівень напруги кола збудження та відповідно величина пульсацій випрямлення зменшуються в два рази. Такий підхід дозволяє поліпшити якість регулювання напруги та підвищити надійність роботи напівпровідникових приладів схеми РН. На етапі пуску ДВЗ, коли генератор не виробляє достатньої напруги, живлення кола збудження здійснюється від АКБ через додатковий резистор.

В сучасних системах електрообладнання де використовуються електронні пристрої, генераторна установка має ємнісний фільтр (конденсатор C) для згладжування пульсацій, що утворює випрямляч генератора та імпульсних викидів напруги які викликані перехідними процесами в бортовій мережі живлення.

Лекція №6 (2 години)
Тема 3. Системи запалювання паливної суміші

3.1. Призначення, класифікація та вимоги до систем запалювання.

3.2. Устрій апаратів запалювання.

3.1. Призначення, класифікація та вимоги до систем запалювання.

Система запалювання призначена для надійного і своєчасного запалювання робочої суміші в циліндрах двигуна відповідно до порядку роботи циліндрів. Робоча суміш запалюється електричною іскрою, що виникає між електродами свіч запалювання під дією високої напруги.

Система запалювання є основною системою електрообладнання автомобіля з бензиновим двигуном. Алгоритм роботи й параметри іскрового розряду у свічах запалювання визначають режим й оптимальність роботи двигуна, його потужність й динамічні характеристики. Виходячи з умов роботи ДВЗ до систем запалювання ставляться наступні *вимоги*:

- система запалювання повинна утворювати напругу достатню для пробою іскрового проміжку свічки, забезпечуючи при цьому безперервне іскроутворення на всіх режимах роботи двигуна;
- іскра, що виникає між електродами свічки, повинна мати достатню енергію й тривалість для спалаху робочої суміші;
- момент запалювання повинен бути певно визначеним (оптимальним) й відповідати умовам (режимам) роботи двигуна;
- робота всіх елементів системи запалювання має бути надійною при високих температурах та механічних впливах, що виникають на двигуні в період експлуатації;
- зміна геометрії електродів свічок запалювання в результаті ерозії не повинна перевищувати допустимих значень.

Система запалювання повинна забезпечувати певне перевищення вторинної напруги U_{2m} над напругою пробою $U_{пр}$ іскрового проміжку свічки запалювання в робочих умовах. Величина напруги пробою визначається конструкцією свічки запалювання, залежить від параметрів джерела електричної енергії та умов в іскровому проміжку (тиску та температури в камері згоряння на момент іскроутворення, складу робочої суміші, характеру та швидкості її руху).

На практиці величина коефіцієнту запасу по вторинній напрузі обирається виходячи з найгірших експлуатаційних умов та режимів (пуску, на максимальних обертах холодного ДВЗ, коли електроди підвернені ерозії та свіча покрита нагаром).

Будь-яка батарейна система запалювання складається з накопичувача енергії, комутуючого пристрою, розподільника високої напруги, спалахувача. Додатково системи запалювання які застосовуються на автомобільних ДВЗ

можна класифікувати за способом керування, регулювання кута запалювання, нормування часу накопичення енергії; структурою іскрового розряду та захисним виконанням (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Класифікація систем запалювання за загальними ознаками

Відповідно до класифікаційної структури (рис. 3.1) розрізняють системи запалювання, що серійно випускаються (комплектуються) на даний час:

- контактна з механічним переривником і котушкою запалювання;
- контактна-транзисторна;
- контактна-тиристорна з накопиченням енергії в ємності;
- безконтактна-тиристорна з накопиченням енергії в ємності й індукційним датчиком;
- транзисторна з накопиченням енергії в ємності з датчиком Холла;
- безконтактна-тиристорна з накопиченням енергії в ємності з датчиком Холла;
- безконтактна-транзисторна з накопиченням енергії в індуктивності й індукційному датчику;
- безконтактна-транзисторна з накопиченням енергії в індуктивності з датчиком Холла;
- безконтактна;
- цифрова з механічним розподільником;
- цифрова зі статичним розподільником;
- мікропроцесорна система керування автомобільним ДВЗ.

3.2. Устрій апаратів запалювання

Невід’ємними елементами будь-якої електричної системи запалювання є котушка та свічі запалювання. Котушки сучасних систем запалювання різняться за конструкцією та характеризуються декількома атрибутами (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Структурна класифікація котушок запалювання

Одно-вивідна котушка запалювання циліндричної конструкції (рис. 3.3, а) має магнітопровід (зовнішній 1, внутрішній 2) розімкнений по торцевих частинах (кришкою 7 та ізолятором 6). Первинна обмотка 3 намотана поверх вторинної 4 для кращого відводу тепла. Високовольтний вивід 5 вторинної обмотки поєднаний з сердечником який наближено до неї. Конструкція котушки герметична та заповнена трансформаторним мастилом для покращання діелектричної міцності та відводу тепла.

Двох вивідна циліндрична котушка запалювання (рис. 3.3, б) має розімкнутий магнітопровід і двосекційну вторинну обмотку 4. Вторинна обмотка розташована поверх первинної 3, що забезпечує надійну ізоляцію виводів високої напруги 5. Охолодження первинної обмотки відбувається через центральний стержень магнітопроводу 2 який виступає назовні і має отвір кріплення 8. Обмотки котушки залити компаундом і упресовані поліпропіленом.

Останнім часом розповсюдження знайшли *трансформатори запалювання* тобто двовивідні котушки запалювання з замкненим магнітопроводом (рис. 3.3, г).

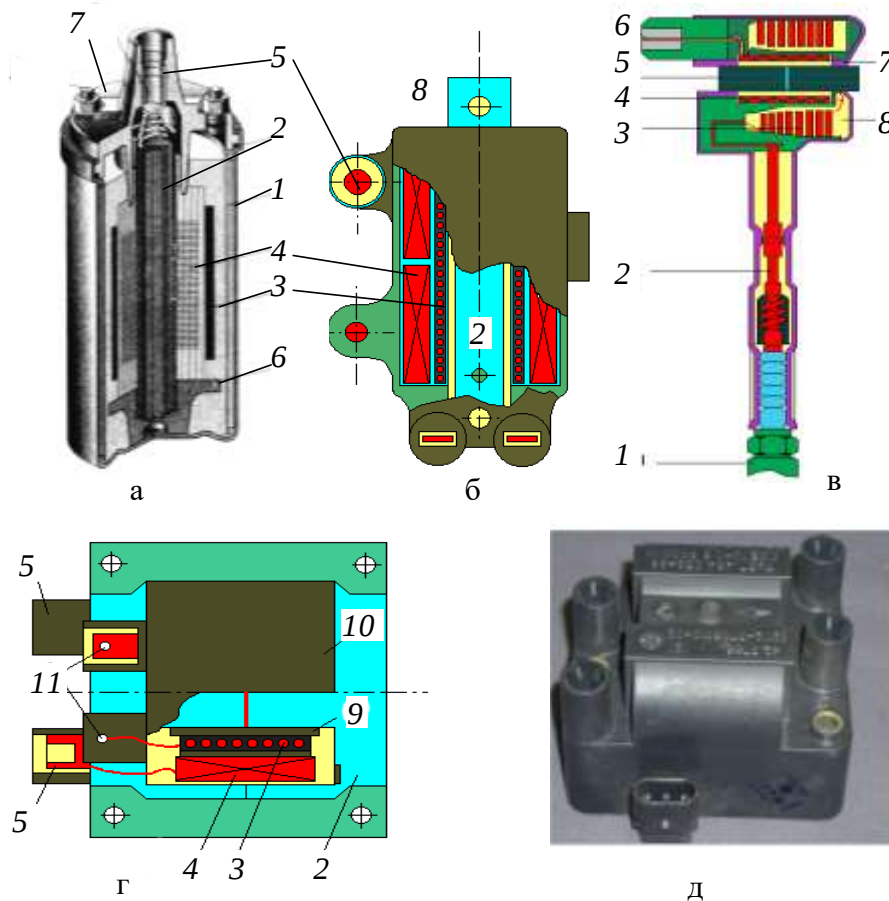


Рис. 3.3. Катушки запалювання:

а – одно вивідна з розімкнутим магнітопроводом; б – двовивідна з розімкнутим магнітопроводом; в – автономна без високовольного проводу; г – двовивідна з замкненим магнітопроводом; д – модуль запалювання

В таких катушках вторинна обмотка 4 має каркасну секційну конструкцію, яка дозволяє зменшити вторинну ємність і посилити ізоляцію вторинної обмотки. Катушка має пластмасовий каркас 9 в якому вмонтовані обмотки. Обмотки залити епоксидним компаундом 10. Катушка в зборі з обмотками і виводами 5, 11 представляє монолітну конструкцію з високою стійкістю до механічних, електричних та температурних впливів. Сердечник катушки 2, набраний з тонких листків електротехнічної сталі складається з двох симетричних половин. В центральному стержні забезпечується прогалина 0,3...0,5 мм. Замкнений магнітопровід катушки (з зазором) дозволяє зменшити її габарити і вагу, підвищити ККД перетворення енергії, зменшити витрату обмоткового проводу, покращити параметри іскрового розряду.

Модуль запалювання (рис. 3.3, д) являє монолітний блок який містить дві двовивідні катушки запалювання та два виконавчих транзисторних ключа, що комутують струм в первинних колах катушок запалювання. Така конструкція дозволяє вирішити питання пов'язані з надійністю та компактністю елементів системи запалювання. По-перше, забезпечується електрична дистанція вихідних кіл підвищеної напруги виконавчих транзисторів (за межами конструкції

електронного блоку керування). По-друге, елементи високовольтних кіл залиті в діелектричний компаунд.

В системах запалювання з накопиченням енергії в ємності, котушка запалювання виконує функцію імпульсного трансформатору, який підвищує напругу. Це дозволяє використовувати *індивідуальні котушки запалювання* для кожної свічки окремо і монтувати їх безпосередньо на свічках (рис. 3.3, в). На рисунку позначено: 1 – свічка запалювання; 2 – вивід високої напруги; 3 – вторинна обмотка, що складається з декількох секцій; 4 – первинна обмотка; 5 – магнітопровід; 6 – вивід низької напруги; 7 – діелектрична заливка; 8 – каркас вторинної обмотки. В такій системі запалювання відсутні високовольтні проводи, які спричиняють радіоперешкоди.

В мікропроцесорних систем запалювання з фіксованим часом накопичення енергії в індуктивності також застосовуються індивідуальні котушки з замкненим магнітопроводом. Такий підхід дозволяє виключити «холосту» іскру (в порівнянні з двовивідними котушками) та збільшити вторинну напругу і енергію іскрового розряду.

Свічки запалювання перетворюють електричну енергію системи в теплову енергію іскрового розряду для спалахування паливної суміші в циліндрі ДВЗ. При розробці свічок запалювання розглядається цілий ряд питань, що пов'язані з дослідженнями термохімічних та термодинамічних процесів в камері згоряння, фізичних та хімічних властивостей конструкційних матеріалів, розподілу напруженості електричного поля, процесів іонізації та утворення плазми.

Умови експлуатації свічок запалювання визначаються не кліматичною зоною експлуатації АТЗ, а температурним режимом ДВЗ (конструкцією двигуна, видом палива). Широкий діапазон робочих температур (100...3000°C), перепад до зовнішньої температури (– 60...+ 60°C), тиск в камері згоряння (до 10 МПа), електричні імпульси (амплітудою до 35 кВ), хімічний вплив продуктів згоряння та ерозія електродів під дією струму іскрового розряду обумовлюють складні експлуатаційні умови свічки запалювання. При виборі типу (марки) свічки запалювання звертають увагу на її конструктивні особливості та теплові властивості (рис. 3.4).

Перевищення температури теплового конуса та електродів свічки запалювання в циліндрі ДВЗ більш за + 900°C веде до калільного запалювання. Тому, як основний параметр при виборі свічки для ДВЗ, розглядається її теплова характеристика, яка нормується калільним числом. В загальному випадку теплова характеристика свічки запалювання визначається теплопровідністю центрального електроду та ізолятору, площею та кривизною поверхні теплового конусу, формою запальної порожнини. Згідно Держстандарту калільне число свічки (8, 11, 14, 17, 20, 23, 26) визначається відповідно до величини середнього індикаторного тиску при якому під час випробувань свічки на моторній установці у циліндрі ДВЗ спостерігається калільне запалювання.

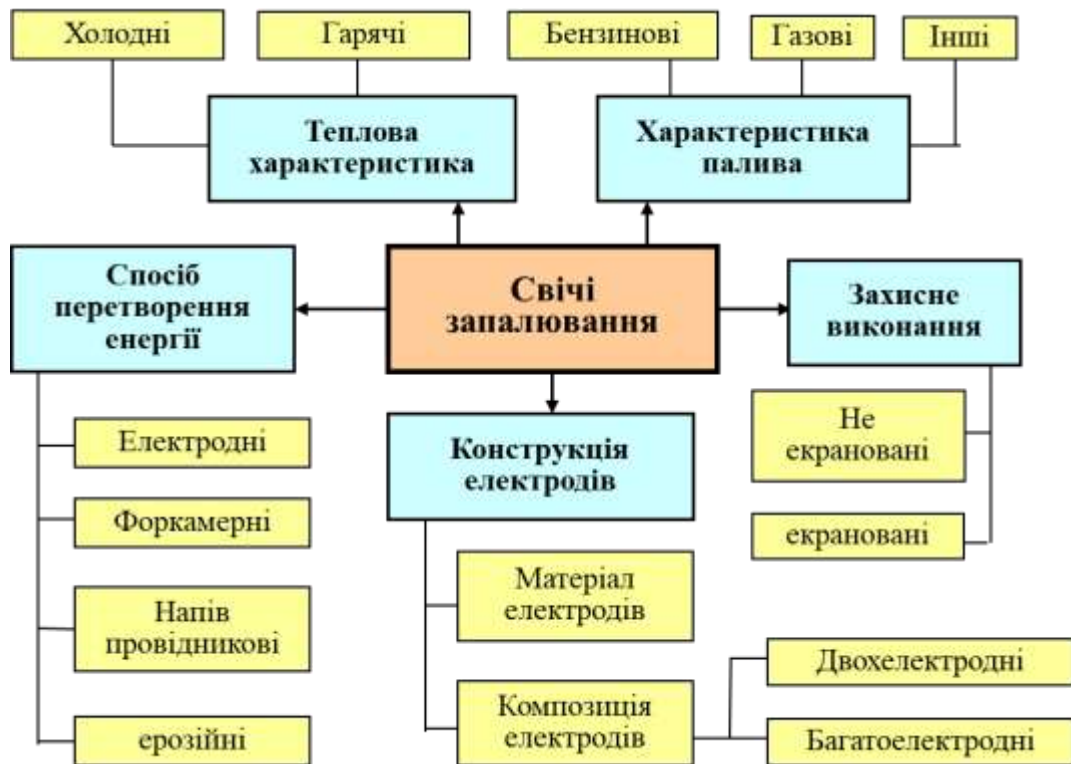


Рис. 3.4. Класифікація свічок запалювання

Умовно свічки запалювання поділяють на «гарячі» (з низьким калільним числом) та «холодні» (з високим калільним числом). Таким чином залежно від температури горіння палива, яке застосовується в ДВЗ (бензин, газ, рапсове мастило, біопаливо, комбіновані суміші) свічки запалювання можна розрізняти за призначенням.

В автомобільних ДВЗ розповсюдження знайшли іскрові електродні свічки в яких відбувається електричний розряд в газовому діелектричному проміжку між металевими електродами. Тепловий контакт енергії електричного розряду з паливною сумішшю відбувається безпосередньо в зоні (на траєкторії) переміщення носіїв електричного заряду, що утворюють струм розряду.

Традиційна конструкція свічки запалювання (рис. 3.5, а) складається з контактної голівки 1, ізолятору 2, струмопровідного герметика 3, корпусу 4, центрального електроду 5, бокового електроду 6, прокладки 7. Між центральним електродом та контактною голівкою в корпусі свічки встановлюють, резистор 9, що подавляє радіоперешкоди. Екрановані свічки запалювання (рис. 3.5, б) мають металевий кожух для пониження рівня радіочастотного випромінювання. Теплопровідність електродів та доступність паливної суміші в іскровий проміжок свічки запалювання багато в чому залежить від форми та розташування бокових електродів (рис. 3.5, в – е). З метою поліпшення процесу охолодження нижньої частини свічки (газами, що всмоктуються в циліндр) та розширення її температурного діапазону застосовують конструкцію з виступаючим конусом (рис. 3.5, ж).

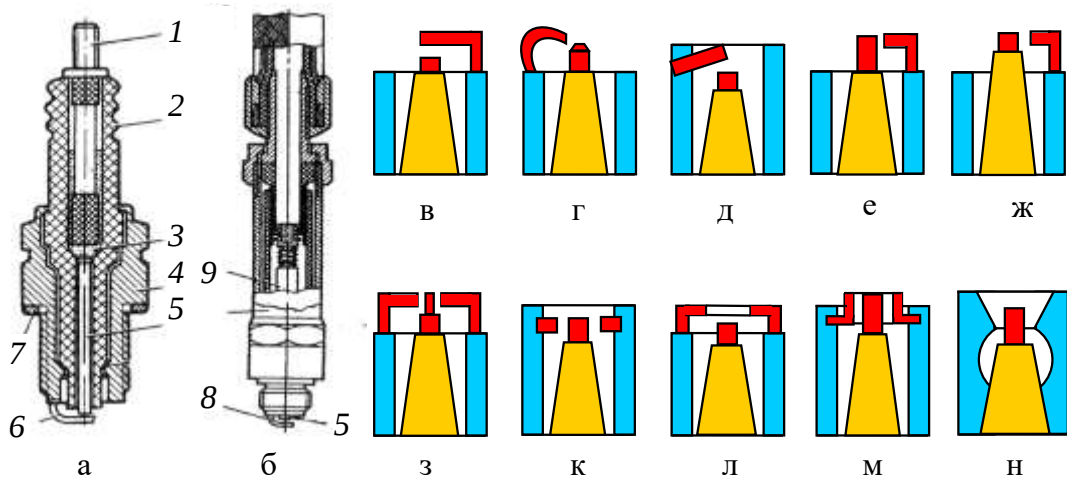


Рис. 3.5. Конструкції свічок запалювання:

а – неекранована; б – екранована; в – з торцевим електродом; г – з гакоподібним електродом; д – з тангенціальним електродом; е – з боковим електродом; ж – з виступаючим тепловим конусом; з – з парними сплюсненими електродами; и – з поглибленими боковими електродами; к – з підковоподібним електродом; л – з кільцевим електродом; м – з форкамерою

Для забезпечення надійного іскроутворення та збільшення ресурсу (стійкості до ерозії) на свічках встановлюють декілька бокових електродів (рис. 3.5, з – к) або електроди ускладненої конструкції (рис. 3.5, л, м). Пробивна напруга свічки запалювання в основному визначається композицією розрядника (формою, кількістю, взаємним розташування електродів). Форма перерізу електродів, виходячи з технологічних міркувань обирається круглою, прямокутною або трикутною. Останнім часом виробниками пропонуються *свічки з форкамерою* (рис. 3.5, н). Принцип перетворення енергії в таких свічках полягає в наступному. Під дією імпульсу високої напруги по кільцю мінімального іскрового зазору відбувається електричний розряд. Як наслідок, спалахує паливна суміш, що заповнює порожнину форкамери. Розширення газів при спалахуванні приводить до утворення факелу полум'я через сопло свічки (як у реактивних двигунів). Завдяки такому ефекту підвищується динаміка та якість згорання палива в циліндрі ДВЗ.

Важливу роль відіграє правильний вибір матеріалу електродів. Масовий (боковий) електрод зазвичай виготовляють з сплаву МН5, центральний – з сплаву 13Х25Т або ніхрому Х20Н80. Для кращого відводу тепла та розширення температурного діапазону, в свічках для форсованих ДВЗ застосовують мідний або срібляний центральний електрод з покриттям. Застосування платинових електродів (якщо не враховувати підвищену вартість свічки) дозволяє зменшити діаметр (покращити доступ суміші), підвищити строк експлуатації та знизити рівень пробивної напруги свічки запалювання.

Вибір свічки запалювання проводять по її параметрам які наводяться в паспорті на виріб (калільному числі, посадочному розмірі, робочому зазорі, опорі ізоляції) та дотримуються таких рекомендацій. Для помірного теплового

режиму низько-оберткових ДВЗ застосовують гарячі свічки з подовженим вузьким тепловим конусом. Для напруженого теплового режиму, високої ступені стиску швидкохідних ДВЗ використовують холодні свічки з коротким товстим тепловим конусом.

Оцінку температурного стану свічки проводять по верхній границі теплової характеристики на режимі максимальної потужності двигуна при номінальній частоті обертання та кутах випередження, що перевищують оптимальні значення на п'ять градусів. Придатність по нижній границі теплової характеристики перевіряють на режимі холостого ходу. Якщо, ДВЗ переважно працює на режимах холостого ходу і малих навантажень та при цьому, спостерігаються перебої в запалюванні, встановлюють більш «гарячі» свічки (з меншим калільним числом) [17].

Переривач-розподільник являє роторний пристрій, який має привід від РВ. У корпусі 4 у двох бронзових втулках 31 обертається вал 32 приводу кулачка переривника, ротора 18 розподільника і відцентрового регулятора випередження запалювання (рисунок 3.6).

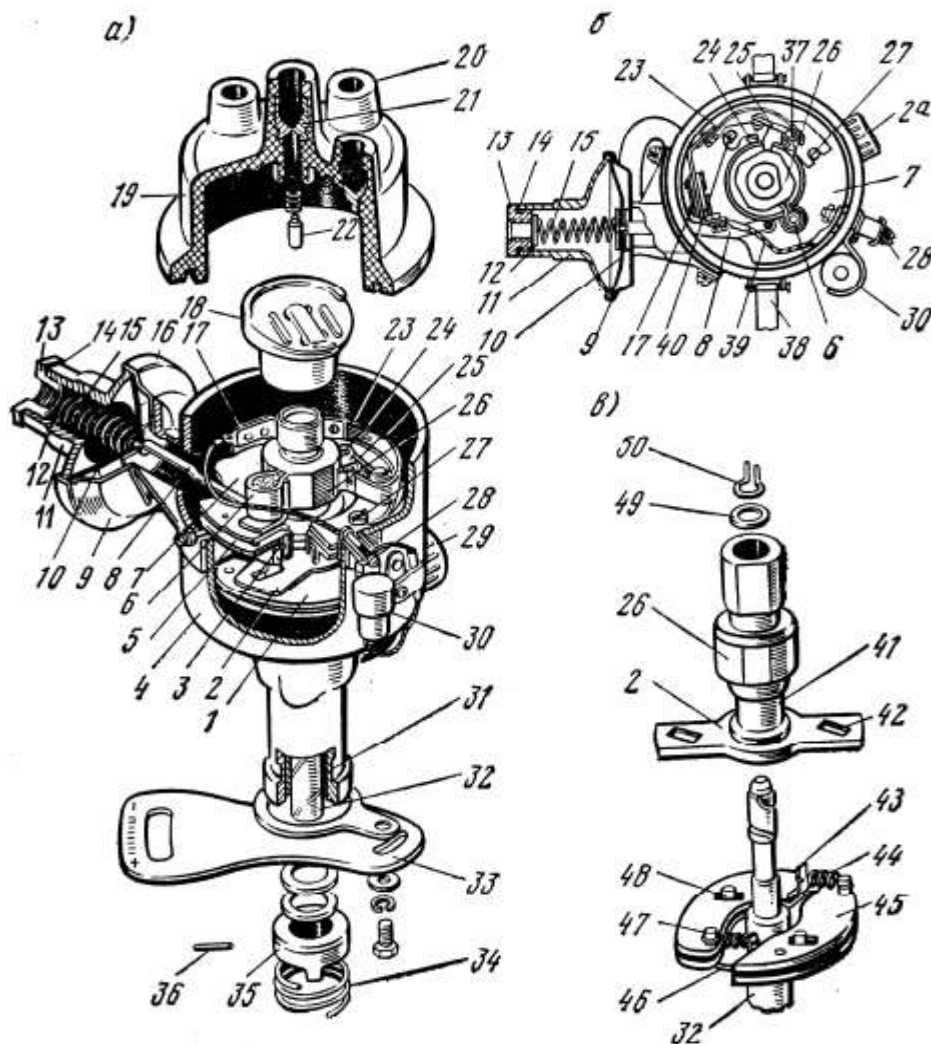


Рис. 3.6 Конструкція переривника-розподільника:
а – у зборі; б – вакуумний коректор; в – відцентровий автомат

Осьовий люфт валу обмежується муфтою 35, з'єднаної з валом шпилькою 36. До корпусу двома гвинтами прикріплена нерухома пластина 5 переривача. Рухомі пластина 7 переривача встановлена на кульковому підшипнику 3, що забезпечує легкий рух пластини при роботі вакуумного регулятора. Кулачок 26 напресований на втулку 41, закріплену в повідковій пластині 2 кулачки. Виступи кулачка мають спеціальний профіль, що забезпечує більш швидке розмикання контактів, а отже, і зменшення іскріння між ними, а також плавне замикавання контактів без удару, що значно знижує їхню вібрацію. У прорізі 42 повідкової пластини кулачка входять штифти 48 важків 45 відцентрового регулятора випередження запалювання. Ротор 18 і кришка 19 розподільника виконані зі спеціального прес-порошку. Ротор встановлюють у строго визначеному положенні на лисці у верхній частині кулачка. Кришку кріплять двома пружними засувками 38. Резистор, що подавляє радіоперешкоди 22 із пружиною підводить струм високої напруги від центрального введення 21 кришки до електрода ротора. Резистор служить для зниження рівня радіоперешкод; значення його опору дорівнює 8...14 кОм. У бічні виводи 20 кришки встановлюють високовольтні проводи від свіч запалювання. У кожному бічному виводі кришки є металевий електрод, до якого, підводиться висока напруга.

Лекція №7 (2 години)

Тема 3. Системи запалювання паливної суміші

3.3. Робочий процес в системах з накопиченням енергії в котушці запалювання.

3.4. Склад і функціонування контактних систем запалювання.

3.3. Робочий процес в системах з накопиченням енергії в котушці запалювання.

В робочому циклі системи запалювання розглядають три етапи проходження електромагнітних процесів – процес накопичення електромагнітної енергії, утворення ЕРС високої напруги, пробій іскрового проміжку.

Перший етап відбувається в період замкненого стану t_3 комутуючого елемента (контактів переривника, відчиненого транзистору або тиристор). В період підключення первинної обмотки котушки запалювання до джерела напруги (АКБ) відбувається зростання первинного струму i_1 й накопичення електромагнітної енергії в полі котушки запалювання. На цьому етапі, вторинне коло практично не впливає на процес зростання первинного струму й при розрахунках його можна вважати розімкнутим, а конденсатор первинного кола замкнутим через контакти переривника (рис. 3.7, а).

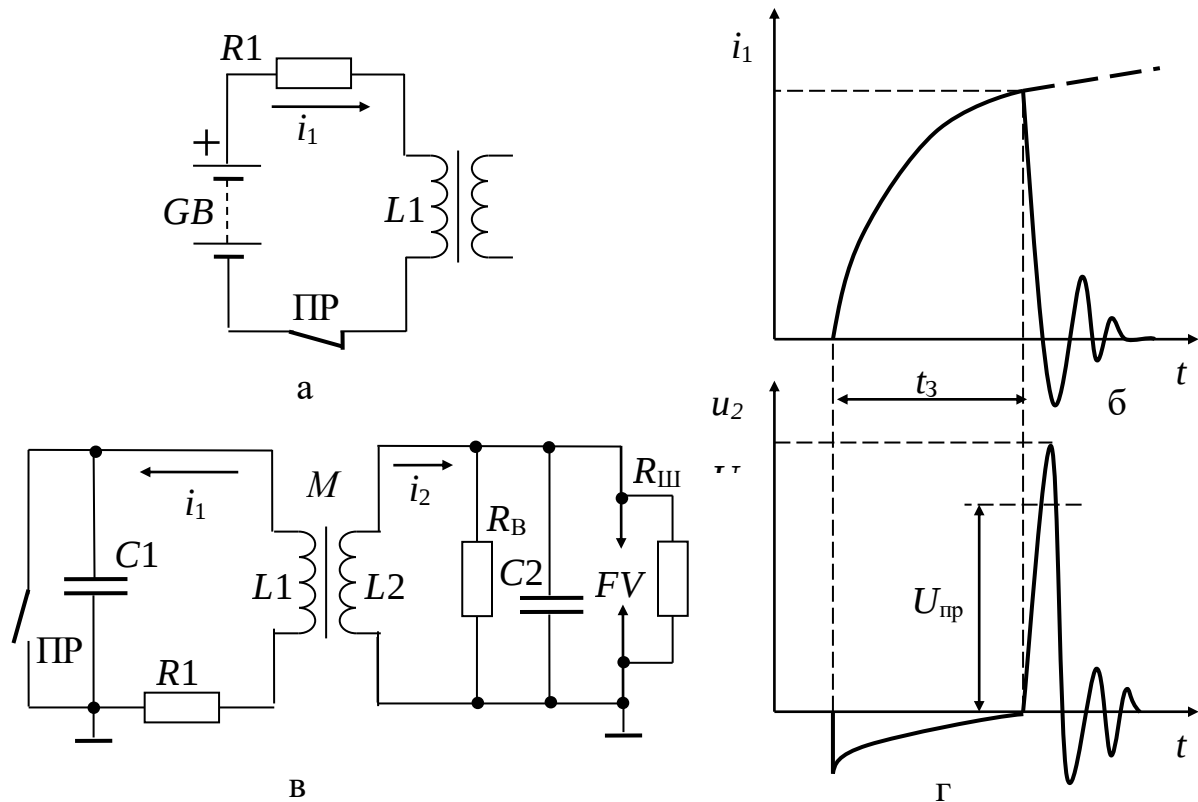


Рис. 3.7. Процес накопичення енергії в котушці запалювання та утворення ЕРС високої напруги:

а, в – схеми заміщення; б, г – часові діаграми

Процес зростання струму в первинному колі системи (рис. 3.7, б) описується диференціальним рівнянням, яке має рішення відносно миттєвого значення струму i_1 . У вторинній обмотці котушки запалювання, на цей період, індукується ЕРС взаємоіндукції (рис. 3.7, г)

$$e_2 = -M \frac{di_1}{dt} = -\frac{M}{L_1} U_{AB} \exp\left(-t \frac{R_1}{L_1}\right), \quad (3.1)$$

де $M = L_1 k_T$ – взаємоіндукція між обмотками;

k_T – коефіцієнт трансформації котушки запалювання.

До моменту розмикання контактів, величина струму розриву визначається часом замкнутого стану контактів переривника t_3 .

$$I_p = \frac{U_{AB}}{R_1} \left[1 - \exp\left(-t_3 \frac{R_1}{L_1}\right) \right] = \frac{U_{AB}}{R_1} \left[1 - \exp\left(-\frac{R_1 \cdot 120 \gamma_3}{L_1 z_{ц} n}\right) \right], \quad (3.2)$$

де n – частота обертання колінчастого валу;

$z_{ц}$ – число циліндрів ДВЗ;

$$\gamma_3 = \frac{t_3}{(t_3 + t_p)} = \frac{\alpha_3}{(\alpha_3 + \alpha_p)} - \text{відносний час (кут) замкнутого стану.}$$

Параметр γ визначається профілем кулачка переривника або конструкцією датчика сигналу запалювання чи алгоритмом нормування часу накопичення (залежно від типу системи).

З урахуванням (3.2) можна записати формулу для визначення електромагнітної енергії, яка накопичується в магнітному полі котушки запалювання за час t_3 ,

$$W_{\text{ЕМ}} = 0,5L_1 I_p^2 = 0,5L_1 \left(\frac{U_{\text{АБ}}}{R_1} \right)^2 [1 - 2\exp(-a) + \exp(-2a)], \quad (3.3)$$

де $a = t_3 R_1 / L_1$ - параметр, що характеризує конструкцію та режим первинного кола.

Аналізуючи (3.3) можна зазначити, що з одного боку збільшення L_1 веде до підвищення енергії, яка накопичується в ній, з другого – до зменшення енергії за обмежений час зростання струму.

Підтримка оптимального значення $L_{1,\text{опт}}$ для систем запалювання з жорстким керуванням не можлива, тому що оберти ДВЗ n (та відповідно і час замкнутого стану t_3) в процесі експлуатації змінюються в широкому діапазоні. Тому, при розрахунках котушок запалювання обирають значення L_1 таким, яке задовольняє максимальним обертам двигуна. При цьому, забезпечується працездатність системи запалювання у всьому швидкісному діапазоні. Як наслідок, в діапазоні малих і середніх частот обертання ДВЗ (при більших значеннях t_3) струм у первинному колі системи запалювання досягає сталого значення і нагріває обмотку котушки запалювання й додатковий резистор.

Другий етап відбувається під час розмикання контактів переривника, коли електромагнітна енергія, запасена в котушці, перетворюється в енергію електричного поля ємностей C_1 і C_2 і частково витрачається на тепло. Величину максимальної вторинної напруги розраховують на основі балансу енергії в контурах системи. Без врахування втрат, рівняння балансу на час розриву контактів має вигляд

$$L_1 I_p^2 = C_1 U_{1m}^2 + C_2 U_{2m}^2, \quad (3.4)$$

де C_1, C_2 - еквівалентні ємності первинного й вторинного кіл;

U_{1m}, U_{2m} - максимальні значення ЕРС самоіндукції в первинній обмотці й ЕРС взаємоіндукції у вторинній обмотці котушки запалювання.

Напруги U_{1m}, U_{2m} пов'язані через коефіцієнт трансформації котушки запалювання k_T . Підставляючи $U_{1m} = U_{2m} / k_T$ рівняння (3.4) вирішується відносно

максимальної величини вторинної напруги (для ідеалізованої системи запалювання)

$$U_{2m} = I_P k_T \sqrt{\frac{L_1}{C_1 + C_2 k_T^2}} = I_P \sqrt{\frac{L_1}{C_1 (1/k_T)^2 + C_2}}. \quad (3.5)$$

Часові діаграми первинного струму i_1 і вторинної напруги u_2 при $i_2=0$ показані на рис. 3.7, б, г.

Третій етап – електричний розряд в газовому проміжку відбувається під дією вторинної напруги та характеризується певною залежністю напруги між електродами та розрядним струмом (рис. 3.8, б).

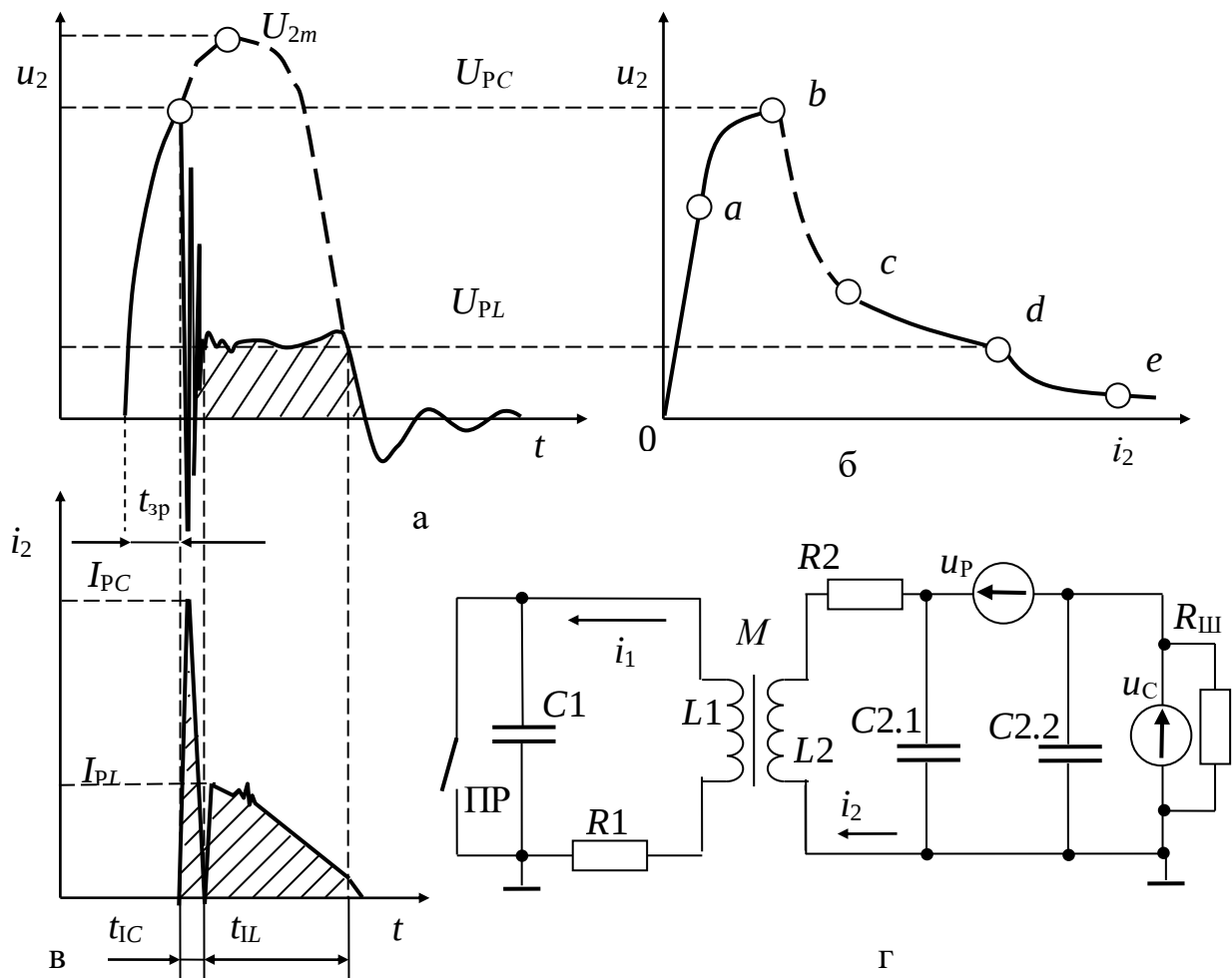


Рис. 3.8. Процес пробою в іскровому проміжку:

а, в – часові діаграми вторинної напруги та струму; б – ампер-вольтова характеристика електричного розряду; г – схема заміщення системи запалювання під час індуктивної фази розряду

Електричний розряд в іскровому проміжку системи запалювання являє розряд зарядженої лінії з розподіленими та зосередженими параметрами. В іскровому розряді системи розрізняють ємнісну й індуктивну складові (фази).

Під час ємнісної фази, відбувається швидкий розряд розподілених ємностей вторинного кола системи. На цей період, при аналізі електричних процесів, розглядають ускладнену схему заміщення вторинного кола.

Оскільки іскровий розряд відбувається раніше ніж вторинна напруга досягне максимального значення U_{2m} , на ємнісній фазі витрачається лише невелика частина накопиченої енергії. Частина енергії, що залишилася, виділяється в індуктивній фазі розряду. Індуктивний розряд завжди відбувається на стійкій частині ампер-вольтової характеристики, що відповідає тліючому розряду. Максимальні значення струмів розряду індуктивної фази I_{PL} становлять десятки міліампер, а тривалість розряду t_{IL} , підраховується в мілісекундах. При індуктивному розряді розрахункова схема заміщення системи запалювання має вигляд, показаний на рис. 3.8, г.

Таким чином енергію індуктивної фази розряду в іскровому проміжку свічі можна визначити через функції напруги і струму у вторинному колі або в першому наближенні через їх максимальні значення

$$W_L = \int_0^{t_{IL}} u_2(t) \cdot i_2(t) dt \approx 0,5 U_{PL} I_{PL} t_{IL} . \quad (3.6)$$

Для класичних автомобільних систем запалювання величина енергії іскрового розряду становить $W_L = 20 \dots 30$ мДж. В сучасних безконтактних системах – $W_L = 40 \dots 120$ мДж. Підвищення енергії W_L та тривалості іскрового розряду t_{IL} на свічці запалювання забезпечує зниження витрат палива та токсичних викидів у відпрацьованих газах при експлуатації автомобіля.

3.4. Склад і функціонування контактних систем запалювання

В контактній класичній системі запалювання (ККСЗ) формування сигналу моменту запалювання і комутація струму в первинній обмотці котушки запалювання здійснюється за допомогою контактів переривача. В контактнотранзисторній системі (КТСЗ), сигнал моменту запалювання формується контактною парою переривача, а струм у первинному колі комутується транзисторним ключем.

Функціональний склад систем принципово відрізняється тільки наявністю транзисторного комутатора струму 2 та інколи застосуванням аварійного вібратора 6 (рис. 3.9, б).

В системах використовуються однакові конструкції переривників-розподільників (див. рис. 3.6), але різні за конструкцією і підключенням обмоток, котушки запалювання.

В реальних ККСЗ, під час розриву (комутації) струму I_1 , на контактах переривача утворюється дуга (під дією ЕРС самоіндукції первинної обмотки $U_{1m} = 350$ В), яка призводить до ерозії контактів і зменшення швидкості розриву струму di_1/dt та як наслідок, зниженню U_{2m} .

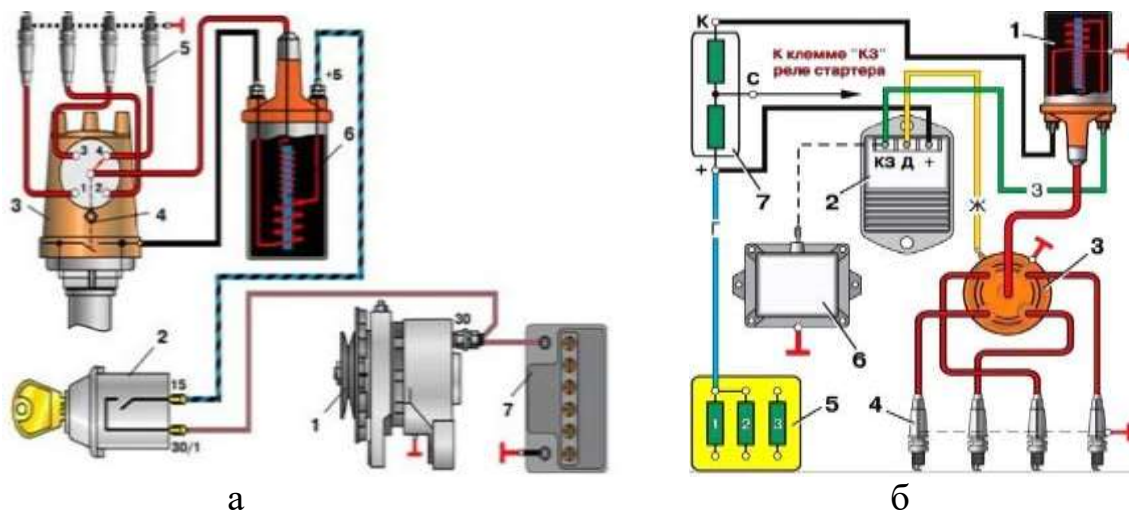


Рис. 3.9. Склад контактних систем запалювання:

а – класичної; б – контактнo-транзисторної

Щоб послабити негативну дію дуги, треба обмежувати значення I_1 . Додатково, паралельно контактам переривача підключають конденсатор C_1 . Ємність C_1 утворює послідовний коливальний контур з первинною обмоткою L_1 , в якому розсіюється енергія дуги. В котушках КТСЗ конденсатор C_1 не застосовується.

В ККСЗ використовується автотрансформаторна котушка Б-114 з більшим числом витків первинної обмотки w_1 меншого діаметру проводу d_1 , а в КТСЗ навпаки, – трансформаторна котушка Б-115 з меншим w_1 і більшим перетином d_1 . Завдяки цьому, котушка КТСЗ має менший опір r_{w1} (більший струм I_1) і більший коефіцієнт трансформації k_T . При цьому, МРС первинних обмоток обох типів котушки $F_1 = w_1 I_1$ мають однакові значення, а постійна часу $\tau_1 = L_1 / r_{w1}$ котушки Б-115 в рази менша ніж у Б-114.

Такі відзнаки пояснюються підвищенням комутуючої здатності механічних контактів переривника, який в ККСЗ комутує значні струми котушки (2...3 А) на відзнаку від КТСЗ, де цей струм (бази транзистору I_B) має значення на порядок менші, завдяки підсилюючим властивостям транзистора.

Перелічені відмінності котушок запалювання дозволяють покращити робочі характеристики КТСЗ (1) відносно ККСЗ (2) в швидкісному діапазоні ДВЗ, і нагару, який шунтує робочий зазор свічки запалювання (рис. 3.10).

Послідовно з первинною обмоткою котушки запалення підключається додатковий резистор для компенсації спадання напруги під час вмикання стартера. В ККСЗ цей резистор додатково виконує функції варіатора (терморезистивного стабілізатора струму), який дозволяє зменшити залежність I_1 і відповідно U_{2m} від частоти обертання ДВЗ (часу замкненого стану контактів).

В КТСЗ, використовуються додаткові резистори для компенсації падіння напруги при стартерному пуску (див. рис. 3.9, б) і зменшення постійної часу первинного кола τ_1 (рис. 3.11, б). Принципова схема КТСЗ являє транзисторний ключ 2, включений за схемою спільного колектора (рис. 3.11, а).

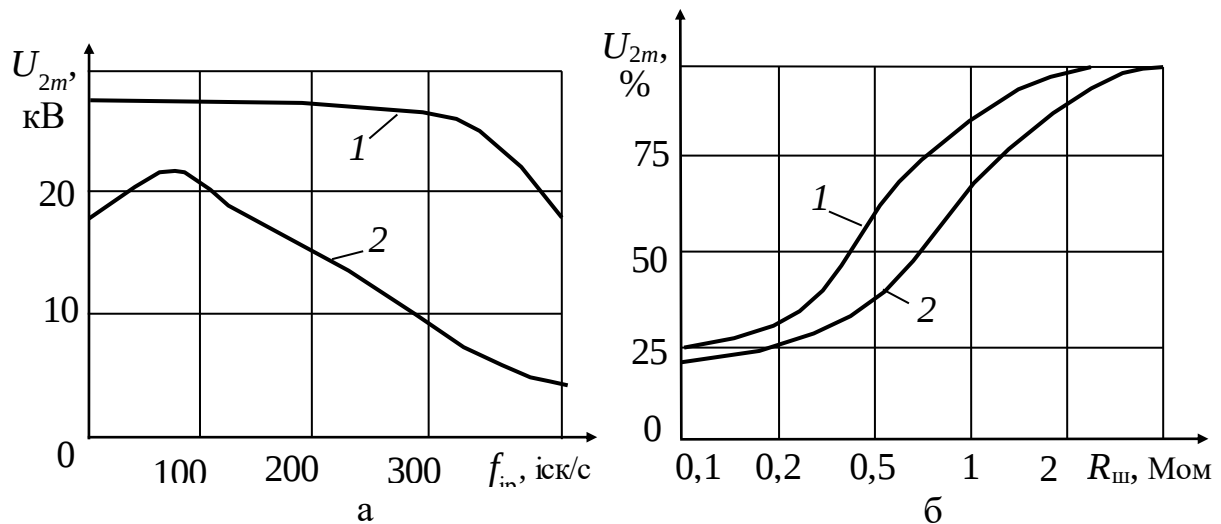


Рис. 3.10. Робочі характеристики контактних систем запалювання:
а – швидкісна; б – зовнішня

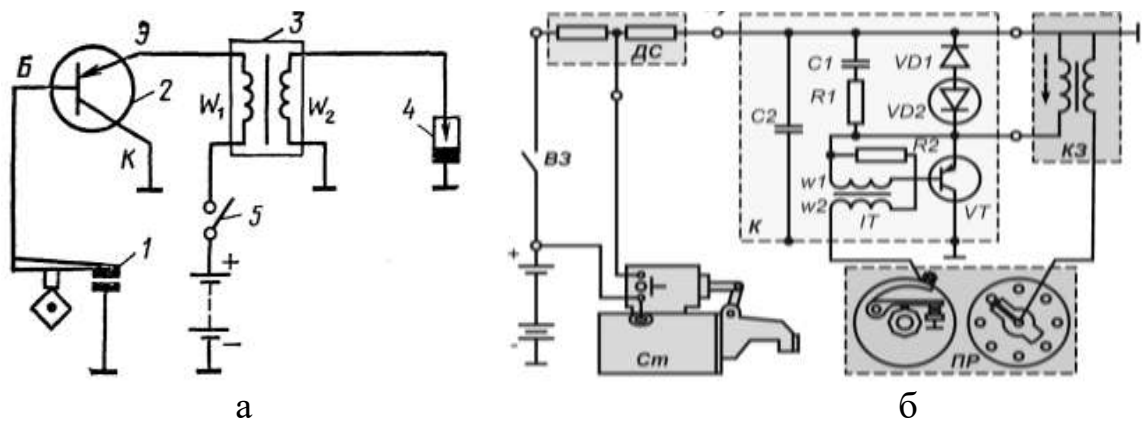


Рис. 3.11. Схема контактно-транзисторної системи запалювання:
а – принципова; б – повна

Струм бази (0,1...0,3 А), який комутується контактами переривача 1, перемикає транзисторний ключ (коло колекторного переходу) та струм через первинну обмотку w_1 (3...5 А). Щоб прискорити процес запирання транзистору та відповідно підвищити U_{1m} і U_{2m} , у коло бази транзистора додають імпульсний трансформатор «ІТ» (або дросель) який утворює позитивний зворотний зв'язок (рис.3.11, б). Під час розриву струму, на транзистор VT діє імпульс ЕРС самоіндукції ($U_{1m}=400$ В), який може викликати його пробій. Для виключення такої дії реактивного навантаження, в схемі комутатора струму передбачають захисні елементи.

У разі перевищення допустимого значення амплітудної напруги, стабілітрон VD2 підпертий діодом VD1 відчиняється на ділянці електричного пробоя (пробою, що відновлюється), запобігаючи тепловому пробію VT. При цьому, в діапазоні частот обертання ДВЗ де напруга пробією VD2 перевищує амплітуду

U_{1m} відбувається стабілізація імпульсів U_{1m} та відповідно U_{2m} . Коло R_1 , C_1 , яке утворює паралельний коливальний контур з обмоткою L_1 , захищає VT від лавинного пробоя, розсіюючи енергію підведену до ключа під час його зачинення (функція конденсатора C_1 в ККСЗ). Конденсатор C_2 відіграє функцію фільтра, який згладжує пульсації напруги живлення (випрямляча генератора, кондуктивних завад).

Лекція №8 (2 години)

Тема 3. Системи запалювання паливної суміші

3.5. Склад і функціонування безконтактної системи запалювання.

3.6. Особливості побудування систем запалювання з накопиченням енергії в ємності.

3.5. Склад і функціонування безконтактної системи запалювання.

Безконтактні системи, володіючи всіма перевагами контактнотранзисторної системи, не мають зазначених недоліків. Момент утворення іскри визначається подачею сигналу, який виробляється безконтактними датчиками, встановленими в стандартному розподільнику. Як правило, потужність вихідного сигналу безконтактного датчика мала, тому вихідні сигнали попередньо формуються і посилюються.

Система складається з датчика-розподільника Р-351, транзисторного комутатора ТК-200, котушки запалення типу Б-116, свічок запалювання, додаткового резистора, зблокований з вимикачем пуску стартера вимикача запалення СВ. В конструкцію датчика-розподільника входить магнітоелектричний безконтактний датчик генераторного типу (рис. 3.12).

На рисунку позначено (рис. 3.12, а, б, в) позиції: 1 – муфта розподільника; 2 – опорна пластина; 3 – корпус розподільника; 4 – маслянка; 5 – вивід; 6 – вакуумний регулятор; 7 – кришка розподільника; 8 – центральний вугільний електрод із пружиною; 9 – зовнішній контакт ротора; 10 – центральний контакт ротора; 11 – ротор; 12, 19 – втулки; 13 – статор магнітоелектричного датчика; 14 – регулювальні шайби; 15, 17 – підшипники; 16 – відцентровий регулятор випередження запалення; 18 – валик розподільника; 20 – мітки; 21 – ротор датчика; 22, 24 – пластини; 23 – обмотка; 25, 27 – полюсні наконечники; 26 – кільцевий постійний магніт.

Принцип дії датчика ґрунтується на явищі електромагнітної індукції. Датчик складається з нерухомої обмотки з залізним сердечником (статора) 1, виконаним з електротехнічної сталі, і рухомого постійного магніту (ротора) 2, жорстко пов'язаного з валом двигуна (рис. 3.12, г).

Число пар полюсів постійного магніту дорівнює кількості циліндрів двигуна. При обертанні ротора в обмотці статора виникає змінна ЕРС, яка змінюється у відповідності з частотою обертання колінчастого валу двигуна.

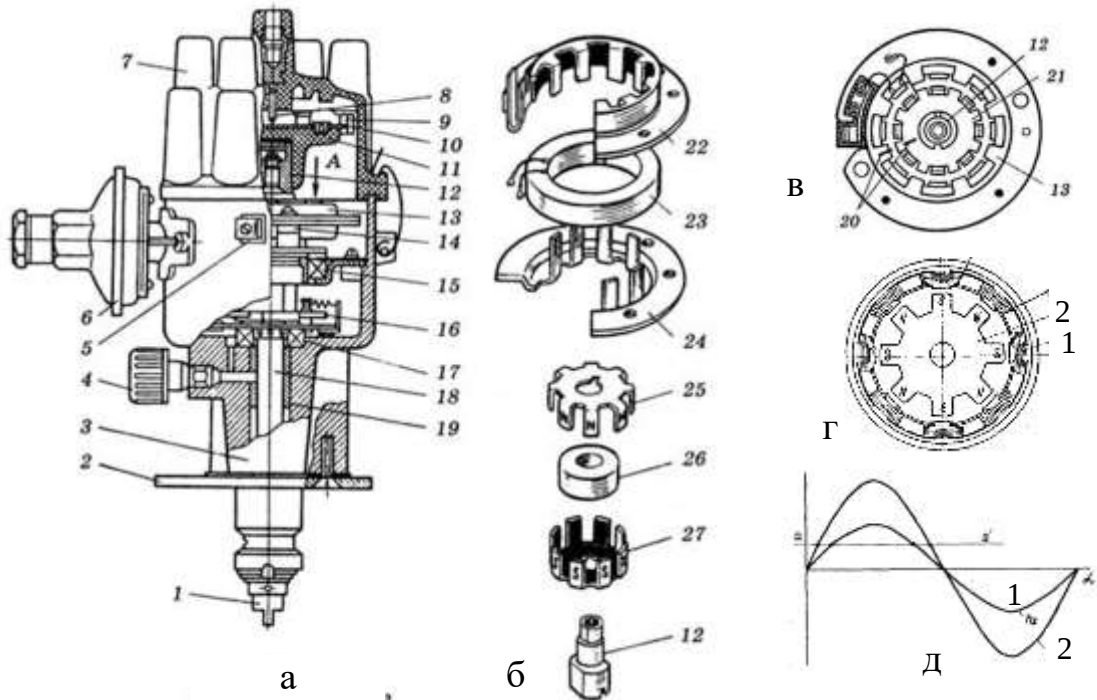


Рис. 3.12. Датчик-розподільник безконтактної СЗ з генераторним датчиком:
а – конструкція у зборі; б, в, г – конструкція датчика; д – сигнал датчика

Недолік такого перетворювача є одночасна залежність амплітуди і форми сигналу від частоти обертання колінчастого валу двигуна (рис. 3.12, д). Перевага датчика – простота пристрою. Безконтактний датчик виключає періодичне регулювання системи та підвищує надійність системи запалення.

Якщо, частота обертання ротора датчика мала (менше 20 хв^{-1}), то імпульс напруги, що виробляється ним, виявляється недостатнім для спрацьовування вхідного транзистора комутатора. І навпаки, при високих обертах, сигнал (амплітуда імпульсів) занадто великий. Така залежність, додатково викликає деяке електричне зміщення кута випередження запалення на різних частотах обертання (в межах $5...10^\circ$). У зв'язку з цим, в схемі комутатору струму, застосовують формуючий каскад для компенсації зазначених недоліків.

Згідно (рис. 3.13, а) датчик 1 складається з постійного магніту 2 і обмотки 3, намотаної на сердечнику.

При обертанні магніту 2 в обмотці 3 датчика індукується змінна ЕРС. При позитивному значенні напруги $U_{\text{бе}}$ виникає струм керування транзистором: обмотка датчика — перехід база — емітер — обмотка датчика. Транзистор відкривається і тоді від акумуляторної батареї через первинну обмотку котушки запалювання і перехід колектор — емітер транзистора буде проходити струм. При негативному значенні напруги $U_{\text{бе}}$ транзистор закривається, струм у первинній обмотці переривається і у вторинній обмотці індукується імпульс ЕРС високої напруги. Число пар полюсів магніту датчика відповідає числу циліндрів двигуна.

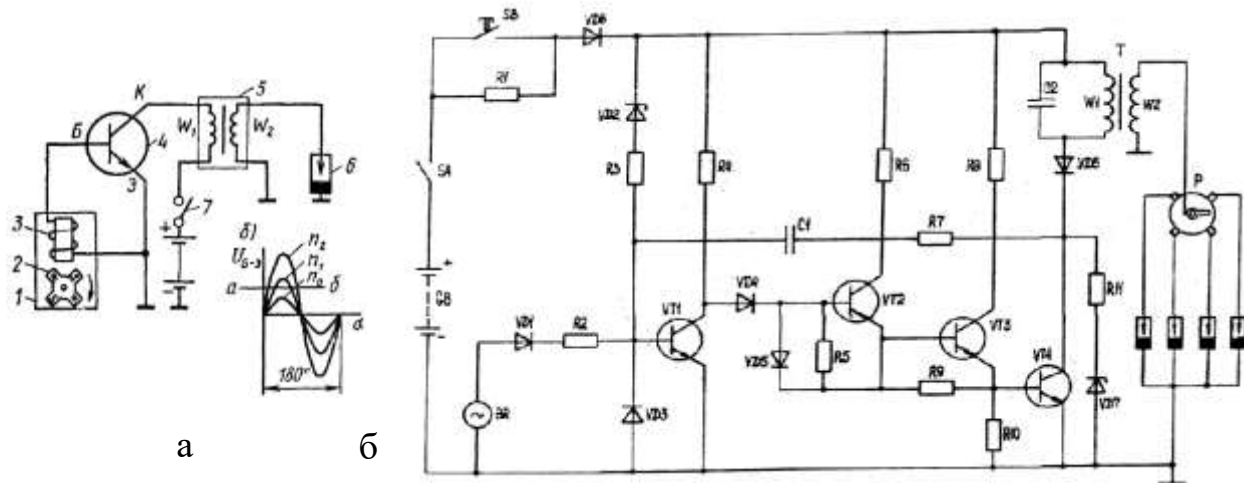


Рис. 3.13. Схема безконтактної СЗ:

а – принципова; б, – повна

Транзисторний комутатор містить формуючий каскад на транзисторах VT1 – VT3 і вихідний каскад на потужному транзисторі VT4, в коло колектора якого включена первинна обмотка w_1 котушки запалення (рис. 3.13, б).

При включеному запалюванні та нерухомому роторі датчика BR, VT1 закритий, оскільки на його вхід (базу) не подана напруга. При цьому, база VT2 через діод VD4 і резистор R4 з'єднана з позитивною клемою акумуляторної батареї і відкритий VT2 створює на R9 падіння напруги з "+" у бази VT3 і він відкривається, а струм VT3 відкриває VT4 і через первинну обмотку котушки запалення починає протікати струм.

При обертанні ротора датчика імпульсів позитивний півперіод напруги через VD1 і R2 подається на базу VT1 і він відкривається. Відкритий VT1 шунтує вхід VT2 – VT4 і вони зачиняються. В результаті, зачинення VT4 струм у первинній обмотці переривається і у вторинній обмотці w_2 індукуються висока напруга (до 30 кВ), яка подається до свічок запалювання.

Діод VD8 захищає транзистори від пробоя імпульсами інверсної полярності (кондуктивними перешкодами по колах живлення). Стабілітрон VD7 захищає VT4 від струмів самоіндукції первинної обмотки котушки запалювання. Діод VD1 і резистор R2 обмежують струм керування VT1 при великій частоті обертання ротора датчика.

Для того щоб поліпшити роботу схеми в режимі пуску при малій частоті обертання валика розподільника, коли швидкість наростання напруги недостатня, введено позитивний зворотний зв'язок через R7 і C1. Для захисту комутатора від перенапруги в колі живлення застосований коло, що складається з VD2 та R3. Якщо, напруга живлення перевищує допустиме значення, стабілітрон пробивається, і транзистор VT1 відкривається, внаслідок чого всі три транзистори (VT2, VT3 і VT4) виявляються замкненими.

3.6. Особливості побудовання СЗ з накопиченням енергії в ємності.

На відзнаку від розглянутих систем, структура системи запалювання з накопиченням енергії в ємності (СЗЄ) конденсатору (друга назва - конденсаторні системи) включає DC/DC перетворювач підвищеної напруги «ПН» та накопичувальний конденсатор $C1$, який утворює з первинною обмоткою котушки «КЗ» паралельний коливальний контур. Комутуючим елементом в таких системах, зазвичай, використовується тиристорний ключ VS (рис. 3.14).

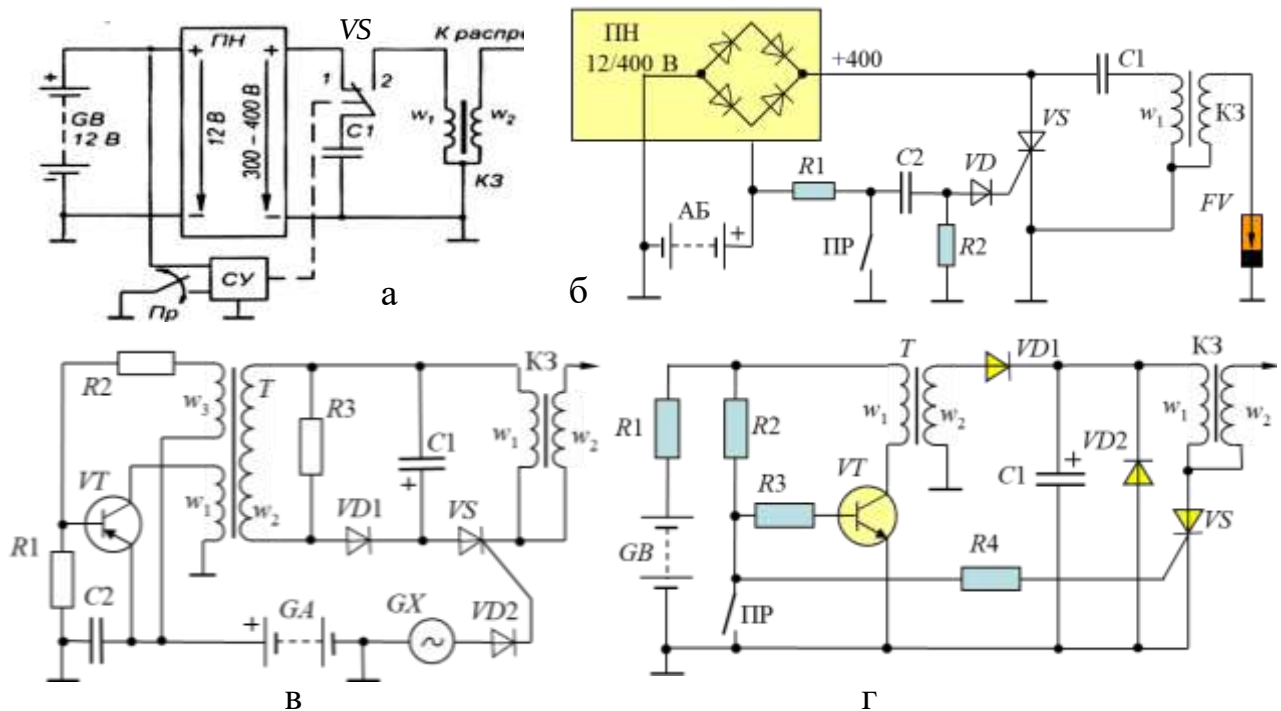


Рис. 3.14. Схеми тиристорних СЗ з накопиченням енергії в ємності:

а – структурна; б – кола керування; в – безконтактної з безперервним зарядом ємності; г – контактної з імпульсним зарядом ємності;

Використання тиристора у якості комутуючого елементу (електронного ключа $S2$) дозволяє знизити втрати енергії в первинному контурі системи запалювання та підвищити амплітудні значення ЕРС в її обмотках. При цьому, поліпшення робочих характеристик системи забезпечується за рахунок більш низького вихідного опору відчиненого та високого опору зачиненого тиристора, його підвищених швидкодії та електричній міцності.

Системи СЗЄ реалізуються як контактні-тиристорні (рис. 3.14, а, б, г), або як безконтактні тиристорні (рис. 3.14, в). В першому випадку, при замкнутих контактах переривача «ПР», коло керування знеструмлене і тиристор VS знаходиться в зачиненому стані. Ємність $C1$ на цей час заряджається підвищеною напругою 400 В постійного струму від перетворювача «ПН» (рис. 3.14, б). Під час розмикання контактів «ПР» через коло, що диференціює $R1, R2, C2$ формується імпульс струму позитивної полярності, який через діод VD відчиняє

тиристорний ключ. Ємність $C1$ розряджається через первинну обмотку w_1 котушки запалювання «КЗ» утворюючи в ній ЕРС самоіндукції. При цьому ПН, вихід якого закорочений відчиненим тиристором, знеструмлюється (зупиняється генератор). У вторинній обмотці котушки w_2 на цей час індукується імпульс високої напруги U_{2m} .

Тиристорні СЗЄ поділяють на системи з безперервним (рис. 3.14, б, в), та імпульсним (рис. 3.14, г), накопиченням енергії. При імпульсному накопиченні процеси заряду й розряду конденсатора розділені паузами.

В першому варіанті (рис. 3.14, в), ПН побудований за схемою релаксаційного генератору на транзисторі VT , навантаженням якого є первинна обмотка w_1 трансформатору T (обмотка w_3 утворює коло позитивного зворотного зв'язку під час зачинення VT). У вторинній обмотці трансформатору w_2 індукуються імпульси підвищеної напруги. Конденсатор $C1$ заряджається під дією імпульсів позитивної полярності через діод $VD1$. Резистор $R3$ розсіює потужність імпульсів зворотного напрямку. Елементи генератору і випрямляча складають статичний одноктний перетворювач низької постійної напруги і АКБ в підвищену напругу (300...600 В) постійного струму для зарядження накопичувального конденсатору $C1$. При обертанні ротора датчика GX позитивні імпульси в певні моменти часу відчиняють тиристор VS , конденсатор $C1$ розряджається на первинну обмотку w_1 котушки запалювання КЗ. У вторинній обмотці котушки запалювання індукується висока напруга. Розряд конденсатора $C1$ приводить до зменшення напруги на тиристорі нижче критичного значення і тиристор зачиняється. Далі процес повторюється.

В схемі з імпульсним накопиченням енергії (рис. 3.14, г), замикання контактів переривника ПР знеструмлює коло бази транзистора VT викликаючи його запирання й індукування ЕРС в обмотках трансформатора T . Під дією імпульсу ЕРС вторинної обмотки w_2 конденсатор $C1$ заряджається через діод $VD1$ до напруги 200...400 В. Тиристор VS на цьому етапі зачинений (керуючий електрод підключений до маси через контакти ПР). При розмиканні контактів ПР по колу $R1, R2, R4$ виникає струм, що відчиняє тиристор VS . Конденсатор $C1$, при цьому, розряджається через відкритий тиристор на первинну обмотку котушки запалювання КЗ. Імпульс розрядного струму утворює ЕРС самоіндукції первинної та взаємоіндукції вторинної обмоток КЗ.

Робочий цикл в коливальному контурі СЗЄ починається після заряду ємності за час накопичення t_H , який значно менший ніж час накопичення енергії в магнітному полі КЗ (рис. 3.15, а). Завдяки цьому, амплітудне значення U_{2m} практично не залежить від частоти обертання ДВЗ (крива 3) в порівнянні з ККС (крива 1) і КТС (крива 2) системами (рис. 3.15, б).

Шунтування іскрового проміжку свічки запалювання внаслідок забруднень і нагару на ізоляторі призводить до зниження вторинної напруги U_{2m} . Найбільш стійкою до шунтування іскрового проміжку є тиристорна система запалювання (рис. 3.15, в) завдяки швидкому зростанню вторинної напруги (рис. 3.15, г).

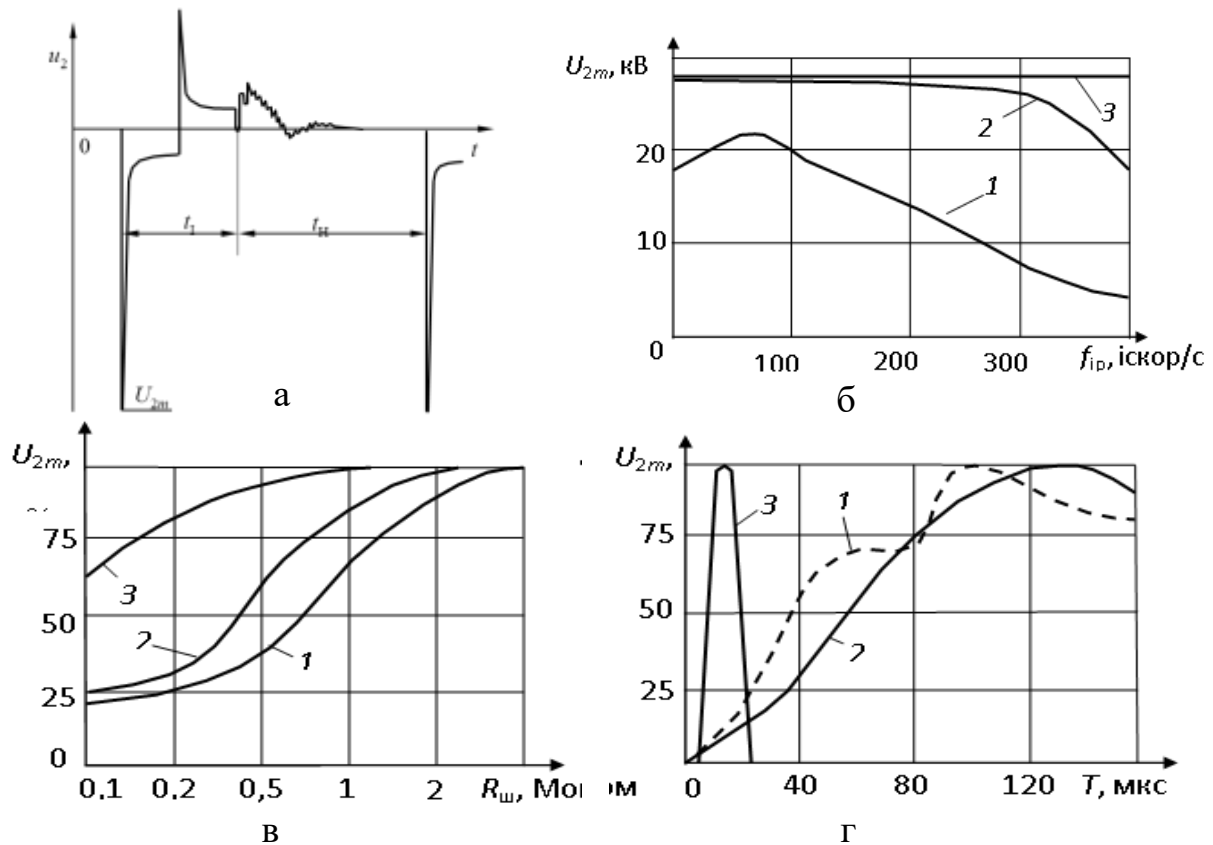


Рис. 3.15. Порівняльні характеристики тиристорних СЗ:
а – робочого процесу; б – швидкісна; в – зовнішня; г – динамічна

Вторинна напруга тиристорної системи запалювання зростає приблизно в десять разів швидше, ніж у контактній і контактно-транзисторній системах. Тому, в ній полегшено пробій іскрового проміжку при забруднених (покрытих нагаром) свічах. Поряд з цим, тривалість розряду в іскровому проміжку тиристорної системи значно менше (близько 300 мкс) чим у системах з накопиченням енергії в індуктивності (близько 1 мс).

Тривалість іскрового розряду на свічці характеризує його енергію і впливає на якість згоряння робочої суміші та склад вихлопних газів. Припустима тривалість іскрового розряду для бензинових стехіометричних сумішей становить 0,2...0,6 мс. При меншій тривалості розряду погіршується пуск двигуна, при більшій – інтенсифікується ерозія електродів свічки запалювання. Обмежена тривалість іскрового розряду в СЗЄ (десятки мікросекунд) погіршує запалення і згоряння робочої суміші на середніх навантаженнях та призводить до підвищення витрат палива і токсичності відпрацьованих газів.

З позицій енерговитрат, система запалювання характеризується потужністю, яка споживається системою на експлуатаційних режимах та мінімальною напругою живлення при якій підтримуються її робочі характеристики. Найбільшу потужність споживає контактно-транзисторна система запалювання (в робочому швидкісному діапазоні від 60 до 40 Вт). В контактній системі споживана потужність становить 18...20 Вт при пусковій частоті та зменшується до

7...9 Вт на максимальних обертах. Тиристорна система з імпульсним зарядом ємності навпаки збільшує споживану потужність з 4 Вт при пуску до 28 Вт при максимальній частоті обертання ДВЗ. При безперервному заряді ємності витрати потужності збільшуються відповідно до 22 й 28 Вт.

Лекція №9 (2 години)

Тема 3. Системи запалювання паливної суміші

3.7. Система нормування часу накопичення енергії в котушці запалювання.

3.8. Принципи побудування мікропроцесорних систем запалювання.

3.7. Система нормування часу накопичення енергії в котушці запалювання.

Нормування часу накопичення енергії дозволяє оптимізувати режим роботи котушки запалювання (реалізувати реактивний потенціал індуктивності, виключити теплові втрати в первинній обмотці котушки запалювання). В результаті в системах з нормованим часом накопичення вдається стабілізувати амплітуду імпульсів високої напруги в швидкісному діапазоні ДВЗ, поліпшити температурний режим котушки запалювання, підвищити ККД системи.

Система з нормування часу накопичення енергії має склад, аналогічний безконтактній системі запалювання. Оригінальними елементами, при цьому, є датчик сигналу запалювання ДХ і комутатор струму КС (рис. 3.16).

Сигнал запалювання формується цифровим магнітоелектричним датчиком Холла, щільна композиція якого, складається з магнітної системи (постійного магніту 4 і магнітопроводу 3) і мікросхеми Холла 5 опресованих в пластмасовому корпусі 6 з електричним розніманням 7 (рис. 3.17, а, б)

Періодичний сигнал запалювання утворюється при обертанні активуючого диску 2, закріпленого на валу розподільника 1. Екрануючі шторки диску 2 вироблені зі шпаруватістю $\gamma=70\%$.

Структура цифрової мікросхеми Холла містить стабілізатор напруги 1, для живлення напівпровідникової пластини Холла 2, операційного підсилювача 3 і тригера 4 (рис. 3.17, а, в). Вихідний каскад мікросхеми виконано на транзисторі VT з відкритим колектором. В такому разі, при обертанні диску, на виході мікросхеми формуються прямокутні імпульси напруги з постійною амплітудою і відповідною шпаруватістю.

Функція нормування реалізується шляхом зміни відносного часу включеного стану первинної обмотки котушки запалювання γ . Схема аналогового регулятора часу накопичення енергії, яка побудована на інтеграторі та компараторі з використанням операційних підсилювачів показана на рис. 3.18, а.

На вхід комутатора струму з датчика системи надходить сформований сигнал запалювання U_{C3} постійної шпаруватості та амплітуди (рис. 3.18, в).

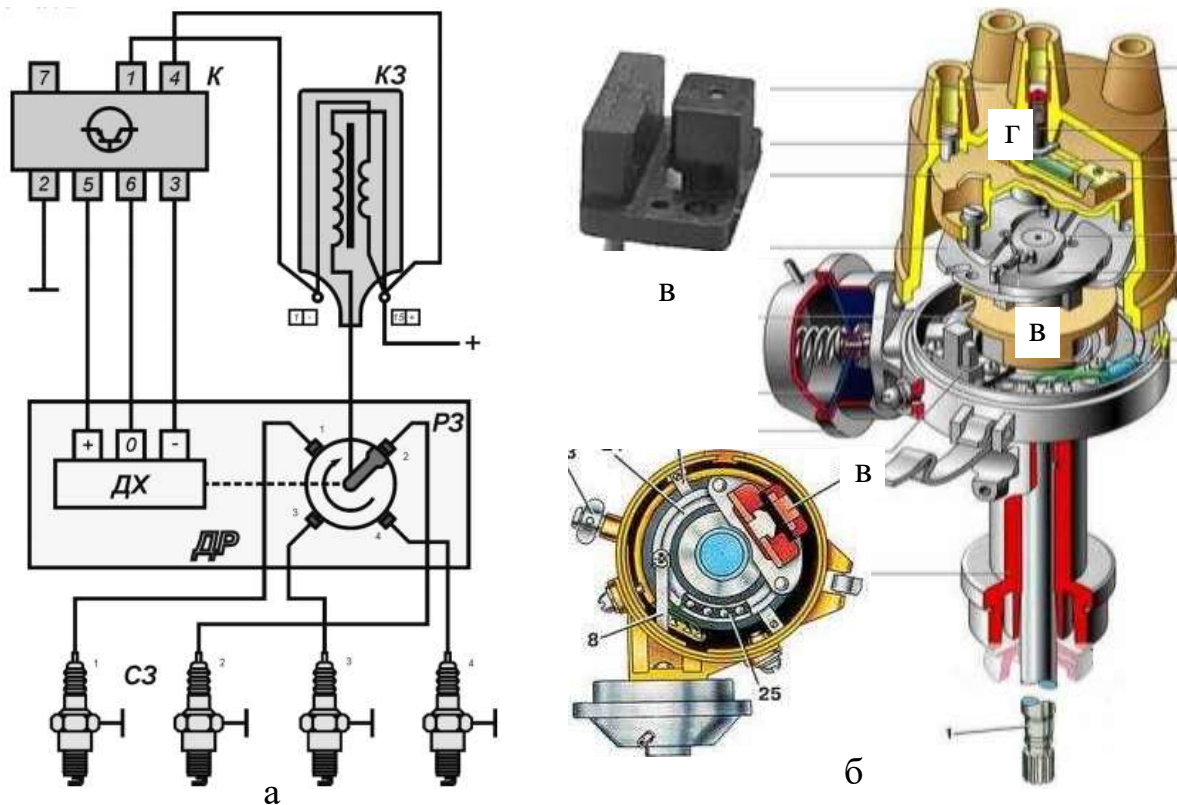


Рис. 3.16. Склад безконтактної СНЧЕ:

а – схема електричних підключень елементів; б – конструкція датчика-розподільник у зборі;
в – датчик Холла, г – розподільник

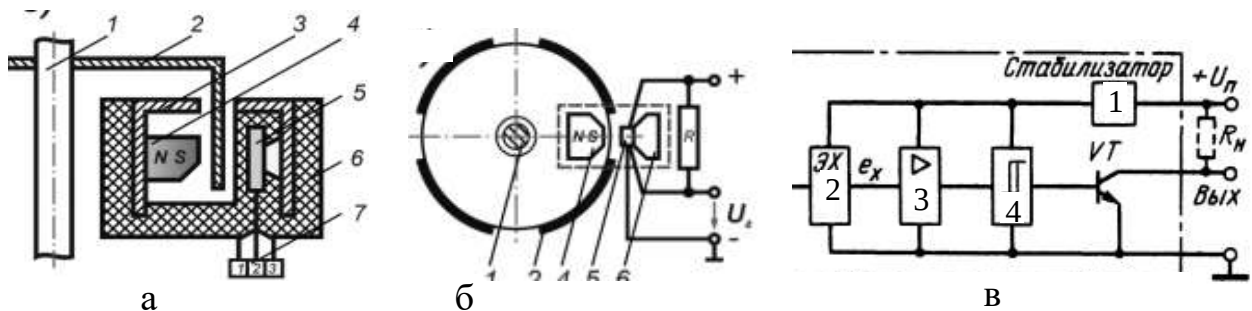


Рис. 3.17. Устрій датчика Холла:

а, б – конструкція ансамблю; в – структура мікросхеми

Транзистор $VT1$ інвертує імпульси (U_1) які подаються на не інвертований вхід інтегратора ($DA1$, $C1$, $R2$, $R3$, $R5$). На вхід компаратора ($DA2$, $R7$, $R8$) надходять інтегровані імпульси U_2 напруга яких порівнюється з напругою опорного рівня U_3 . В результаті, на виході компаратора формуються імпульси U_4 тривалість яких t_4 зменшується з підвищенням частоти імпульсів U_{C3} (обертів ДВЗ) за рахунок зменшення часу заряд-розряд ємності інтегратора. Напруга опорного рівня U_3 (контрольна точка 3) забезпечується параметричним стабілізатором $VD1$, $R6$.

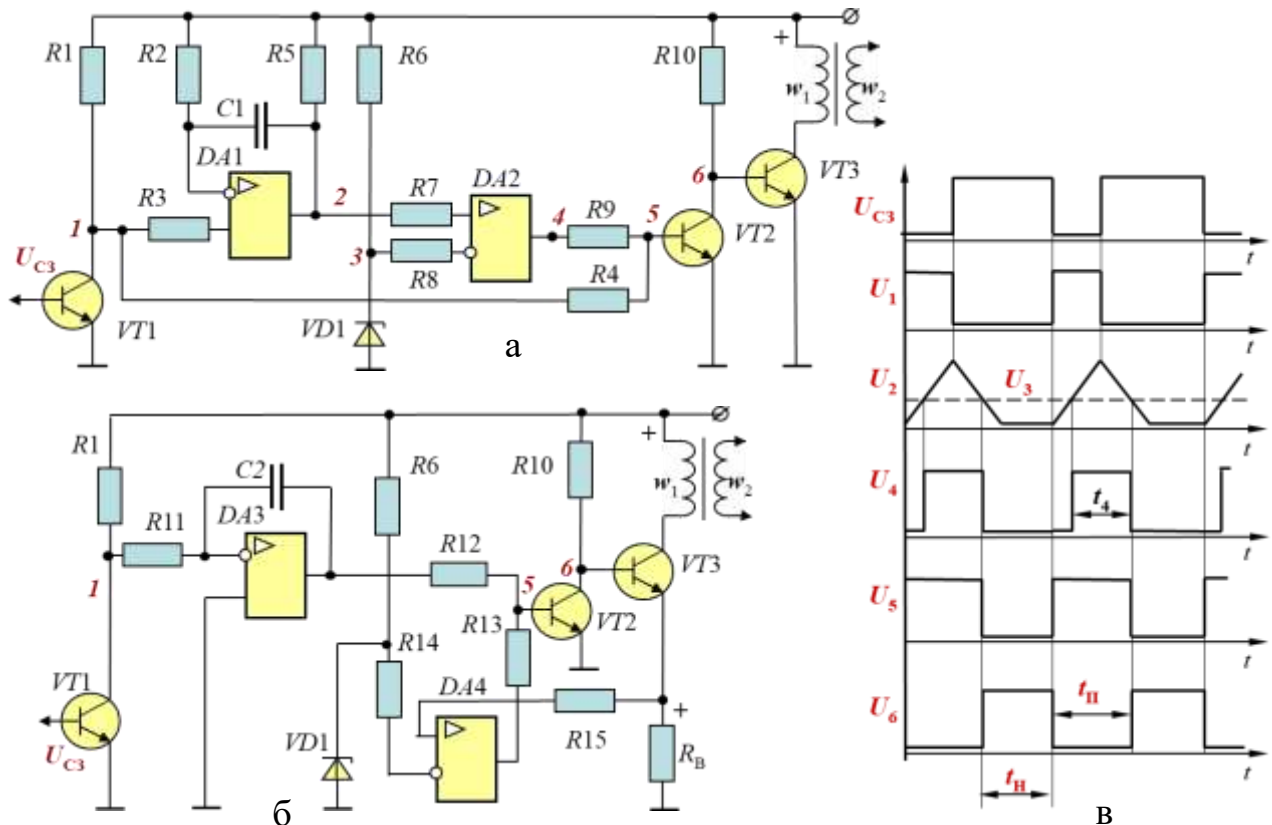


Рис. 3.18. Функціонування комутатора струму СНЧЕ:

а – схема каналу нормування; б – схема каналів без іскрової відсічки і обмеження струму; в – діаграми напруги

На базу транзистора $VT2$ схеми логічного складання надходять два сигнали U_1 і U_4 . Тривалість відчиненого $VT2$ (U_5), а отже й зачиненого $VT3$ (U_6) станів транзисторів, визначається загальним часом дії обох імпульсів. Таким чином, час відчиненого стану $VT3$ (час накопичення енергії t_H) по відношенню до тривалості вхідних імпульсів U_{C3} зменшується без порушення моменту запалювання. В комутаторах струму систем з нормуванням часу накопичення енергії реалізуються додаткові функції (канали) – безіскрового відсічення і обмеження струму (рис. 3.18, б).

Це пов'язано з особливістю підключення живлення первинної обмотки котушки запалювання. Перша функція запобігає іскроутворенню у циліндрі непрацюючого ДВЗ, друга – тепловому перевантаженню котушки запалювання у випадку перевищення напруги живлення або структурних пошкоджень у колах комутатора.

Блок безіскрового відсічення струму являє інтегратор, побудований на операційному підсилювачі (ОП) $DA3$ (рис. 3.18, б). Сигнал від інвертора $VT1$ через $R11$ надходить на інвертуючий вхід інтегратора $DA3$. Час інтегрування схеми $t_{RC} = R11 \cdot C2$ значно перевищує період проходження іскор (імпульсів U_{C3}) на мінімально можливій частоті обертання колінчастого валу. Завдяки цьому, при нормально працюючому двигуні на $VT2$ з виходу інтегратора не надходить

сигнал його відкриття і відповідно відключення котушки. При непрацюючому двигуні, якщо з датчика-розподільника надходить сигнал високого рівня, інтегрований сигнал на виході $DA3$ лінійно зростає, повільно відкриваючи $VT2$, закриваючи $VT3$ і знижуючи струм через котушку запалювання.

Обмежувач струму являє схему порівняння, зібрану на ОП $DA4$ (рис. 3.18, б), обмежує максимальне значення струму в котушці запалювання на рівні 8 А. Як датчик струму, використовується вимірювальний резистор R_B . Падіння напруги на R_B (U_B), пропорційне струму через котушку, порівнюється з напругою опорного рівня, заданої стабілітроном $VD1$ (U_0). Якщо, $U_B > U_0$, на виході $DA4$ (вихіді $VT2$) зростає потенціал. Це викликає пропорційне зачинення $VT3$ в лінійному режимі і обмеження струму через нього (обмотку w_1).

3.8. Принципи побудування мікропроцесорних систем запалювання.

Склад мікропроцесорної системи запалювання показано на рис. 3.19.

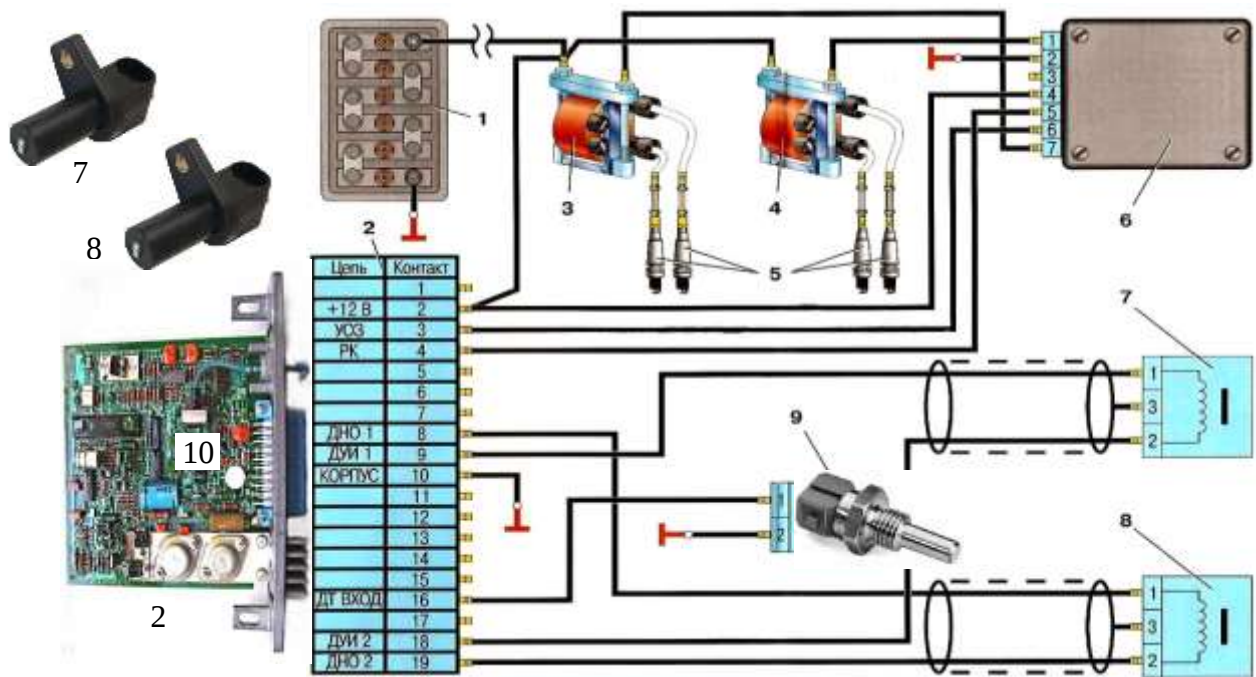


Рис. 3.19. Склад мікропроцесорної системи запалювання:

- 1 – АКБ; 2 – ЕБК; 3, 4 – двовивідні КЗ; 5 – свічки запалювання; 6 – двоканальний комутатор струму котушок запалювання; 7, 8 – датчики початку відліку та кутових імпульсів; 9 – датчик температури охолоджуючої рідини; 10 – датчик навантаження ДВЗ

У якості інформаційних в системі керування використовуються індукційні імпульсні датчики 7, 8 (частоти обертання і кутового положення КВ), терморезистивний датчик 9 (температурний режим ДВЗ) та розрідження у впускному колекторі 10. Двоканальний комутатор 6 з нормуванням часу накопичення енергії під командою ЕБК 2 забезпечує низьковольтне (статичне) розподілення іскри по циліндрах за допомогою двовивідних котушок 3, 4 (система з холостою іскрою).

В мікропроцесорних системах складні (негладкі) функції перетворення (характеристичні карти) зберігаються в пам'яті контролера (постійно програваному запам'ятовуючому пристрої ППЗП) у вигляді двійкових кодів. Тримірна інтерпретація калібрувальної інформації відображена на рис. 3.20, а.

Такі функції, зазвичай, отримують за результатами стендових випробувань двигуна. Заповнення характеристичних карт проводять для повного поля значень режимних параметрів ДВЗ. Як критерії оптимізації кута випередження запалювання, при цьому, розглядають ефективну потужність у циліндрах ДВЗ, миттєву витрату палива та концентрацію шкідливих речовин у ВГ.

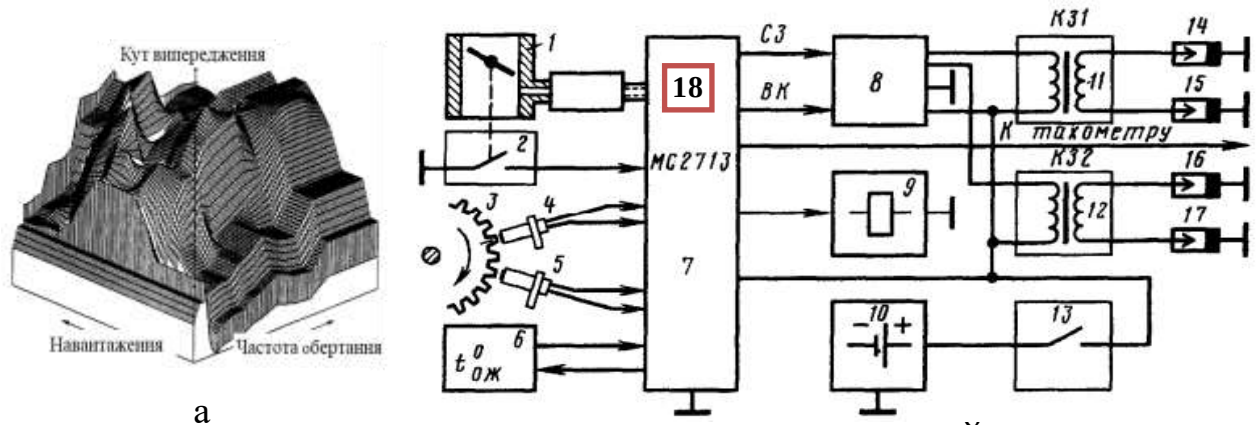


Рис. 3.20. Функціонування мікропроцесорної системи запалювання:

а – інтерпретація характеристичної карти; б – схема структурна;

- 1 – дросельний вузол; 2 – кінцевий датчик зачиненого стану дросельної заслінки;
3 – зубчастий венець маховика; 4, 5 – індукційні датчики початку відліку та кутових імпульсів; 6 – терморезистивний датчик температури охолоджуючої рідини; 7 – ЕБК;
8 – комутатор струму котушок запалювання; 9 – обмотка клапана системи ЕПХХ; 10 – АКБ;
11, 12 – котушки запалювання; 13 – вимикач живлення; 14 – 17 – свічки запалювання;
18 – датчик навантаження ДВЗ

Датчик розрідження 18, розташований в структурі ЕБК, приєднується до впускного колектора 1 (в за дросельному просторі), відслідковує реакцію від натиснення на педаль акселератора (навантаження ДВЗ).

Датчик ДКІ 4 активізується зубцями венця маховика 3, а датчик ДПВ 5 – магнітним штифтом, запресованим у маховик. Швидкість обертання ДВЗ розраховується за кількістю кутових імпульсів від датчика 4 в одиницю часу. Синхронізація (обнуління лічильників) з верхньою мертвою точкою (ВМТ) здійснюється за сигналом датчика початку відліку 5. На підставі вимірних значень навантаження і швидкості обертання ДВЗ система керування визначає кут випередження запалювання $\alpha_{ВЗ}$ за характеристичною картою (бібліотекою даних), яка закладена до пам'яті контролера 7.

За кількістю кутових імпульсів, що надходять після сигналу синхронізації, ЕБК визначає поточне кутове положення КВ (поршнів) $\alpha_{П}$. На підставі отриманої інформації розраховується поточний кут запалювання $\alpha_{З} = (\alpha_{П} - \alpha_{ВЗ})$

під який формується сигнали запалювання U_{C3} і вибору каналу U_{BK} . Ці сигнали надходять у двоканальний комутатор 8 з нормуванням часу накопичення енергії. Комутатор сумісно з двовивідними котушками 11 і 12 реалізує низьковольтний розподіл запалювання по циліндрах (систему з холостою іскрою).

Система з холостою іскрою забезпечує почергове іскроутворення одночасно у двох парних циліндрах. При цьому, в одній свічці циліндра на такті стиснення, струм іскри направлено від центрального електрода до бокового (робоча іскра), а у парній (холоста іскра), – навпаки. При цьому, витрата енергії на холосту іскру, компенсується відсутністю витрат на іскровому проміжку розподільника.

Додатково, в контролері системи передбачено функцію блока керування електроклапаном ЕПХХ 9 для реалізації якої крім швидкості, визначається стан дросельної заслінки (датчик 2).

Таким чином, в системах запалювання на мікропроцесорному рівні вирішуються основні задачі: оптимізації моменту запалювання; нормування часу накопичення енергії; низьковольтного розподілу запалювання по циліндрах.

Основні переваги систем, побудованих на мікропроцесорному рівні:

- необмежена функціональність;
- мобільність адоптації до ДВЗ (чіп-тюнінг ЕБК);
- виключення похибок вимірювання режимних параметрів, що пов'язані з механічними вузлами та вимірювання з заданою точністю;
- можливість відтворення оптимального моменту запалювання як функції від багатьох режимних параметрів на цифровому рівні;
- можливість реалізації систем зі статичним розподілом напруги;
- можливість створення гнучких (адаптивних) систем зі зворотними зв'язками (по напрузі живлення, детонації, якості згоряння палива);
- виключення впливу дестабілізуючих факторів на характеристики системи (адаптивність);
- можливість реалізації нормування часу накопичення енергії на цифровому рівні;
- можливість реалізації багато-іскрового розряду заданої структури з нормованими параметрами.
- можливість реалізації систем з фіксованим часом накопичення енергії в індивідуальних котушках запалювання.

Лекція №10 (2 години)

Тема 4. Системи подачі і впорскування палива

4.1. Способи оптимізації характеристик систем подачі палива.

4.2. Керування економайзером примусового холостого ходу.

4.1. Способи оптимізації характеристик систем подачі палива.

Критеріями оптимізації роботи ДВЗ не залежно від типу двигуна (бензиновий, дизельний, газо-дизельний) є паливна економічність, екологічна безпека і ефективна потужність при його експлуатації.

Для отримання максимальної ефективності перетворення теплової енергії в циліндрах ДВЗ при повному згорянні палива потрібно підтримувати певне співвідношення між масами палива (реагенту) і повітря (окиснювача), яке дорівнює 1:14. При такому стехіометричному складі паливно-повітряної суміші (ППС) коефіцієнт збитку повітря дорівнює $\alpha=1$.

Ефективна потужність P_e та крутний момент на валу ДВЗ $M_{e,max}$ багато в чому визначаються кількістю і складом ППС, яка надходить у циліндри. При цьому, зрозуміло, що витрата палива g_e при однаковій дозі ППС буде зменшуватися з підвищенням коефіцієнту α , а отже буде підвищуватися економічність двигуна під час експлуатації автомобіля (рис. 4.1, а).

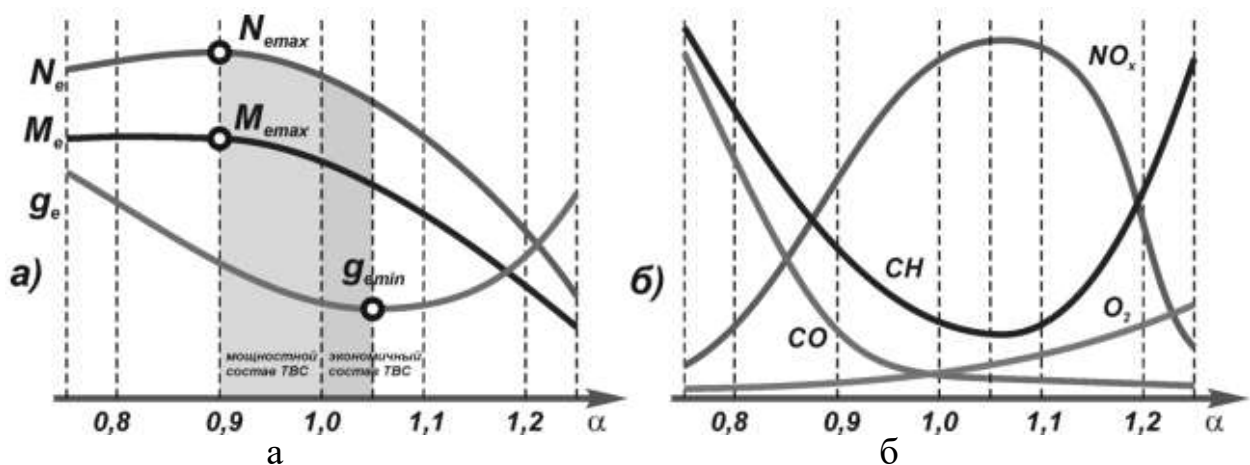


Рис. 4.1. Вплив складу паливної суміші на експлуатаційні характеристики ДВЗ: а – показники потужності та витрати палива; б – компонентний склад відпрацьованих газів

Поряд з цим, коефіцієнт α впливає на склад відпрацьованих газів (ВГ) компоненти якого мають різну токсичну дію на оточуюче середовище (рис. 4.1, б). Щоб досягти компромісного рішення між паливно-економічними і екологічними показниками використовують різні способи оптимізації складу ППС на різних експлуатаційних режимах ДВЗ. Так, для керування подачею повітря використовуються системи регуляторів ХХ та турбонаддув, а для регулювання

подачі палива – електронні системи керування карбюратором, форсунками, паливними насосами.

В ежекторних (карбюраторних) системах застосовуються електричні клапани системи ЕПХХ та приводи заслінок. В інжекторних системах застосовуються електричні форсунки.

В дизельних ДВЗ, поряд з форсунками в паливних системах, застосовуються паливні насоси високого тиску з електронним керуванням. При цьому, електронні системи дозволяють керувати процесами подачі, розподілу по циліндрах і впорскування палива.

За ознакою інформаційної реалізації, електронні системи керування подачею і впорскуванням палива поділяють на аналогові, цифрові, комбіновані і мікропроцесорні. Всі системи керування складаються з:

- вимірювальних датчиків (ВД), які виробляють сигнали (інформують) про режимний стан об'єкту керування;
- електронного блоку керування (ЕБК), який на підставі інформаційних сигналів формує сигнали керування виконавчими пристроями;
- виконавчих пристроїв (ВП), які перетворюють електричні сигнали керування до механічних впливів на об'єкт керування.

В системах аналогового рівня, ЕБК, в загальному випадку, містить схему нормалізації сигналу датчика (СНС), аналоговий функціональний перетворювач (АФП) та вихідний каскад (ВК). На цифровому рівні, структура ЕБК включає аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), цифровий лічильник (ЦЛ), логічний перетворювач коду (ЛПК) і апаратний драйвер (АД). Мікропроцесорний ЕБК, на відзнаку від цифрового рівня, доповнюється: мікропроцесорним пристроєм (МПП), який реалізує закладену програму (алгоритми) керування; запам'ятовуваними пристроями (ЗП) для зберігання оперативної і калібрувальної інформації; цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) у якості драйвера.

4.2. Керування економайзером примусового холостого ходу.

Електронна система керування ЕПХХ на аналоговому рівні застосовується в карбюраторних ДВЗ. Система призначена для економії палива під час руху автомобіля накатом з працюючим двигуном, шляхом перекриття подачі палива у карбюратор за допомогою електроклапана (ЕК). Інформаційними сигналами СК є: частота обертання ДВЗ, кінцеве положення дросельної заслінки (ДЗ), температура двигуна (охолоджуючої рідини). Склад аналогової системи керування ЕПХХ показано на рис. 4.2.

Примусовий холостий хід активується (клапан 4) коли оберти ДВЗ (сигнал з котушки 2) перевищують оберти ХХ $n_1 > n_{\text{ХХ}}$ при не натиснутій педалі акселератора (датчик 5). При цьому, клапан зачинений і паливо не надходить в карбюратор. Повернення системи на ХХ карбюратора відбувається при обертах $n_2 < n_1$ (спостерігається певний гістерезис) або при натисканні на педаль акселератора (відчинені ДЗ). Функціонування системи пояснюється схемою, рис. 4.3.

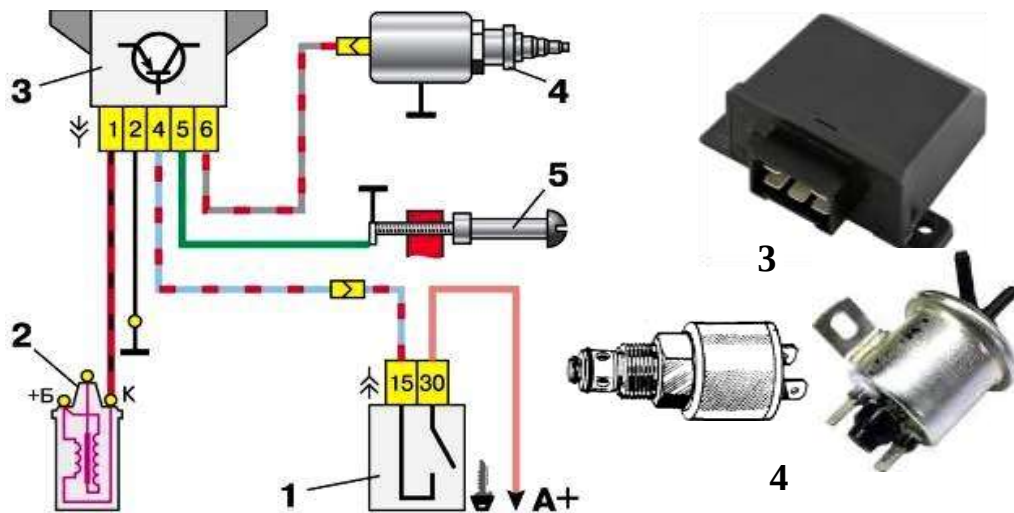


Рис. 4.2. Склад електронної системи керування ЕПХХ:

- 1 – вимикач запалювання; 2 – котушка запалювання; 3 – ЕБК; 4 – клапан відсічки палива;
5 – кінцевий вимикач; 7, 8 – датчики початку відліку та кутових імпульсів; 9 – датчик температури охолоджуючої рідини; 10 – датчик навантаження ДВЗ

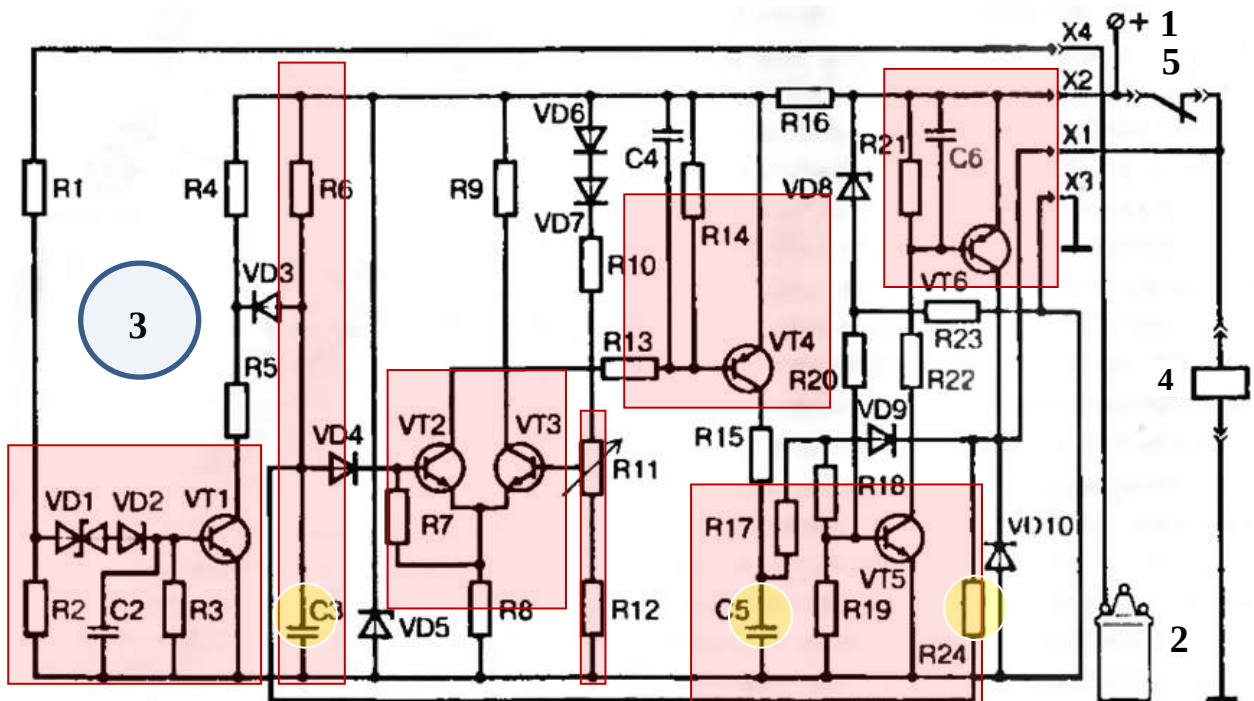


Рис. 4.3. Схема електрична принципова системи ЕПХХ:

- 1 – підключення живлення; 2 – котушка запалювання; 3 – блок керування; 4 – обмотка клапана системи; 5 – контакти датчика кінцевого положення ДЗ

Схема нормалізації сигналу. Сигнал системи запалення надходить на вхідне коло, що складається із елементів R1, R2, VD1, VD2, C2. Резистори R1 і R2 обмежують струм стабілітрона VD1 і є дільником напруги. Стабілітрон VD1 обмежує сигнали за амплітудою, а діод VD2 перешкоджає проходженню

імпульсів зворотної полярності, захищаючи від них транзистор VT1. Конденсатор C2 захищає схему від перешкод. В результаті, після кожного розмикання контактів переривника (імпульса на котушці 2), VT1 відкривається. Після проходження позитивного імпульсу VT1 закривається. Резистори R3, R4 та R5 забезпечують ключовий режим роботи VT1.

Схема перетворювача частота/напруга. У період між імпульсами, коли VT1 закритий, конденсатор C3 заряджається через резистор R6. Діод VD3 перешкоджає заряду конденсатора C3 через резистор R4. Коли VT1 відкритий, конденсатор C3 розряджається по колу: діод VD3 – резистор R5 – колектор-емітер VT1. Зі зменшенням частоти імпульсів час між імпульсами (пауза) зростає, а тривалість імпульсу залишається постійною. Тому напруга U_{C3} , до якої заряджається конденсатор C3 при закритому VT1 зі зменшенням частоти збільшується.

Параметри схеми підібрані так, що навіть при найнижчій частоті імпульсів, яка відповідає роботі двигуна на холостому ході, конденсатор не встигає зарядитися до напруги живлення, яке задається стабілізуючою схемою на стабілітроні VD5 та резисторі R16.

Схема порівняння. Схема на транзисторах VT2 і VT3 працює таким чином, що транзистори можуть бути відкриті, коли напруга на базах цих транзисторів більша за напругу на резисторі R8. Напруга на базі VT3 визначає напругу опорного рівня схеми порівняння. Вона задається дільником на резисторах R10, R12 та потенціометром R11. Напруга на вході VT2 дорівнює різниці між напругою конденсатора C3 і падінням напруги на діоді VD4. Коли конденсатор C3 розряджений, транзистор VT2 закритий, а транзистор VT3 відкритий струмом бази, який протікає по колу: діоди VD6 і VD7 – резистор R10 – частина потенціометра R11 – перехід база-емітер VT3 – резистор R8. Опорна напруга на R8 практично дорівнює напрузі між повзунком R11 і корпусом. Щоб VT2 відкрився, необхідно забезпечити заряд конденсатора до напруги U_{C3} , більшої за суму опорної напруги та падіння напруги на діоді VD4. При низьких частотах обертання колінчастого валу ДВЗ, зазначена умова забезпечується, тобто напруга на конденсаторі C3 при заряді збільшується до величини, необхідної відкриття VT2. Так як напруга резистора R8 при відкритті VT2 стає більшою за опорну напругу, транзистор VT3 закривається. У період розряду, напруга конденсатора зменшиться, VT2 закриється, а VT3 відкриється.

Підсилювач струму. При відкритті VT2 починає протікати струм бази VT4 по колу: емітер-база VT4 - резистор R13 - колектор-емітер VT2 - резистор R8. Транзистор VT4 відкриється і через його емітер-колектор і резистор R15 заряджається конденсатор C5. Транзистор VT4 працює у ключовому режимі так само, як і транзистор VT2. Резистори R13, R14 та R15 забезпечують ключовий режим VT4. Конденсатор C4 захищає його від перешкод.

При появі напруги на конденсаторі C4 через резистори R17 і R18 та перехід база-емітер VT5 виникає струм і він відкриється. Це станеться

практично одночасно з відкриттям VT4. Резистори R19, R21 та R22 забезпечують ключовий режим роботи VT5.

Схема вихідного каскаду. Резистор R21 створює постійне зміщення потенціалу на вході VT6, забезпечуючи його відкриття одночасно з VT5. Транзистор VT6 навантажений обмоткою клапана Y. Тому, при відкритті VT6 клапан подачі палива відчиняється. Конденсатор C5 не встигає розрядитися за час, доки VT4 закритий, а на наступному циклі він знову заряджається. Тому, VT5 та VT6 постійно відкриті. Конденсатор C6 виключає вплив перешкод по входу VT6.

Жорсткий позитивний зворотний зв'язок. Вважаємо, що конденсатор C3 заряджається тільки через резистор R6. Оскільки VT6 відкритий, працює позитивний зворотний зв'язок (заряд конденсатора C3 через резистор R24). В результаті, напруга на конденсаторі C3 при відкритті транзистора VT6 зростає швидше. Резистор R24 забезпечує стрибкоподібне включення схеми та заряд конденсатора C3.

Схема фіксації рівня (гістерезису). При збільшенні частоти обертання колінчастого валу напруга U_{C3} поступово зменшується. При частоті $f_{откл}$, напруги U_{C3} буде недостатньо для відкриття VT2. Тому VT4 буде закритий, конденсатор C4 розрядиться, VT5, VT6 закриються і клапан подачі палива зачиниться. Зазначимо, що при закритті VT6 вже при наступному циклі заряду конденсатора C3 при тій же частоті $f_{откл}$ напруга U_{C3} буде менше, ніж при попередньому циклі. Це пояснюється відсутністю заряду C3 через резистор R24. За подальшого збільшення частоти схема буде відключена. При зменшенні частоти до $f_{откл}$ схема знову не включиться через відсутність зворотного зв'язку C3, R24. При подальшому зменшенні частоти напруга U_{C3} збільшується і забезпечує відкриття VT2 і включення всієї схеми.

Додаткові кола. Наявність у схемі діода VD4 дозволяє підвищити стабільність порогів $f_{вкл}$ і $f_{откл}$ за рахунок виключення паразитного підзаряду конденсатора C3 зворотним струмом переходу емітер-база VT2. Однак наявність діода VD4 збільшує температурний дрейф схеми. Термокомпенсація, при цьому здійснюється за рахунок діодів VD6 і VD7 в колі дільника опорної напруги. Стабілітрон VD8 та обмежувальний резистор R20 забезпечують захист транзисторів VT5 та VT6 від перенапруг, що виникають у схемі електрообладнання автомобіля. Резистор R23 виступає баластом стабілітрона VD8. Діод VD9 забезпечує активне замикання VT5 при замиканні кола живлення обмотки клапана на корпус (короткому замиканні) і таким чином захищає VT6 (він також закривається). Діод VD10 захищає VT6 від перенапруги самоіндукції обмотки клапана під час її відключення.

В деяких системах можуть використовуватися два клапани та додаткова інформація із датчика температури охолоджуючої рідини ДВЗ. При цьому, коригується частота активізації системи або виключається режим ЕПХХ.

Лекція №11 (2 години)

Тема 4. Системи подачі і впорскування палива

4.3. Устрій і функціонування систем типу Ecotronic

Карбюратор поєднує системи: пускового режиму, головну дозуючу, додаткову збагачуючу (еконостат), холостого ходу і економайзера примусового холостого ходу (ЕПХХ), прискорюючого насосу, приводу дросельних заслінок. Розрізняють однокамерні карбюратори, в яких задіяні одна повітряна заслінка (ПЗ) і одна дросельна заслінка (ДЗ), та двокамерні (ПЗ+ДЗ1+ДЗ2). Керування потужністю бензинового ДВЗ з боку водія здійснюється педаллю акселератора (ПА) шляхом впливу на положення заслінок ПЗ і ДЗ1 механічним способом. В різних типах базових (механічних) карбюраторів зв'язок між заслінками (ПЗ/ДЗ і ДЗ1/ДЗ2) здійснюється механічним або пневматичним способом. При цьому, відбувається *причино-наслідковий зв'язок* між керуючими впливами за двома варіантами – $ПА \rightarrow ДЗ1 \& ДЗ2 \rightarrow ПЗ$, або $ПА \rightarrow ДЗ1 \rightarrow ДЗ2 \& ПЗ$ ($\rightarrow$ – пропорційний зв'язок, $\&$ – функціональний зв'язок на механічному рівні).

Подальший розвиток паливних систем бензинових ДВЗ пішов шляхом застосування електричних актуаторів клапанів і заслінок карбюратора з використанням мікропроцесорних (МП) пристроїв (алгоритмів цифрової оптимізації). При цьому, карбюратор (механічний об'єкт керування) разом з електронною системою керування, розглядаються як *мехатронний модуль*, який функціонує у напіваавтоматичному режимі (за участю водія). Це дозволило значно спростити конструкцію механічної частини карбюратора та підвищити гнучкість алгоритмів керування виконавчими пристроями при оптимізації кількості і складу ПП-суміші за критеріями потужності, економічності та екологічності.

В електронних системах керування типу Ecotronic використовуються електромеханічний та пневмоелектричний способи керування заслінками ДЗ і ПЗ карбюратора в різних варіаціях.

1. В карбюраторі з електромеханічним коректором ДЗ тросик ПА (трос Боудена) через механізм приводу змінює кутове положення ДЗ за бажанням водія. Паралельно на ДЗ діє електродвигун (ЕД) корегуючи її відносно положення за командами ЕБК з урахуванням швидкісного режиму двигуна, температури охолоджуючої рідини та повітря, що всмоктується.

Електрична частина системи електромеханічного керування ДЗ карбюратора складається з: 1 – ЕБК; 2 –крокового двигуна (КЕД) приводу ДЗ; 3 – електрочлапан відсічки палива при надмірних обертах ДВЗ; 4 – датчик ДТОР; 5 – датчик закритого положення ДЗ (на педалі акселератора); 6 – датчик температури повітря на впуску ДТПВ (рис. 4.4, а).

Інформація про швидкість обертання колінчатого валу ДВЗ надходить в ЕБК у вигляді імпульсів напруги самоіндукції з котушки запалювання. Електронний карбюратор дозволяє реалізувати такі *функції*:

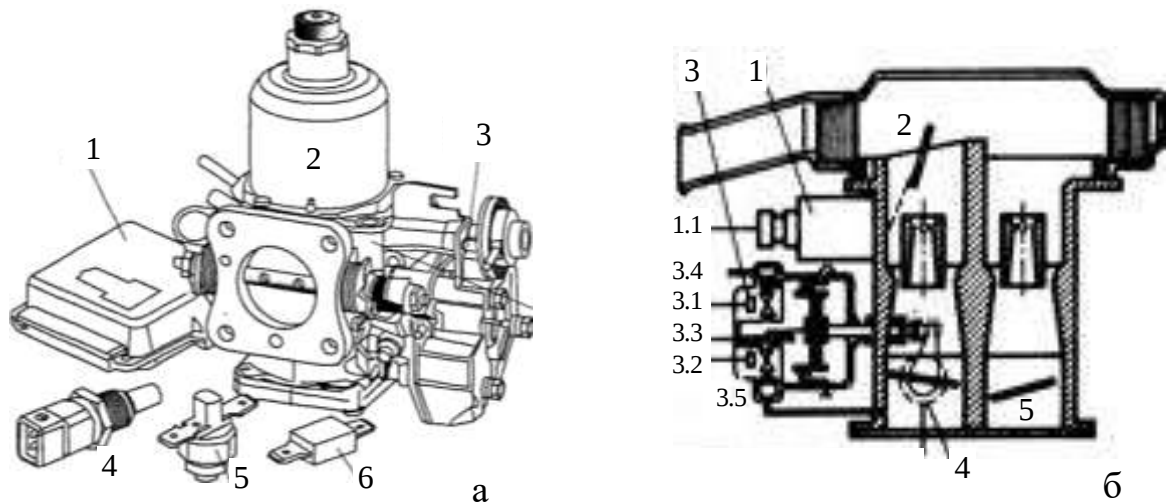


Рис. 4.4. Карбюратори з електронним керуванням:
а – повітряної заслінки; б – повітряної та дросельної заслінки

- стабілізації (регулювання) обертів ХХ (кроковим двигуном) з метою компенсації навантаження ДВЗ спричиненого перемиканням АКП, вмиканням кондиціонера та ін.;

- прогрівання двигуна (збільшення обертів ХХ залежно від показань ДТОР);

- збагачення ПП-суміші під час прогріву (залежно від показань ДТОР і температури оточуючого повітря (ДТОП);

- відключення подачі палива (при надмірних обертах і температури ДВЗ).

2. Система керування карбюратором з пневмоелектричним коректором ДЗ побудована аналогічно, за винятком конструкції приводу ДЗ1 (вакуумного актуатору 3) та датчика кутового положення ДЗ1 – 4 (рис. 4.4, б). Дросель ДЗ2 – 5 керується послідовно з ДЗ1 через штатний пневматичний привод (на рисунку не показано). Завдяки застосуванню ДПДЗ1 та датчика концентрації тиску ДКК, в системі керування карбюратором реалізується додаткова функція приготування ПП-суміші на режимах часткових навантажень.

3. В карбюраторі з електромеханічним керуванням ПЗ ступінь натиснення ПА задає кутове положення ДЗ1, яке вимірюється датчиком положення 4 (рис. 4.4, б). У відповідності до значень цього сигналу ЕБК формує сигнал керування ЕД – 1 приводу ПЗ – 2 з урахуванням режимних параметрів та складу ПП-суміші (ДКК). При цьому, реалізуються функції:

- параметричного керування пуском та розігрівом двигуна за рахунок збагачення ПП-суміші);

- збагачення ПП-суміші при прискоренні.

4. Поєднання пневмоелектричного коректору ДЗ1 та електромеханічного регулятора ПЗ на базі карбюратора типу «ОЗОН» (двокамерний з падаючим потоком, та послідовним відкриттям ДЗ) дозволило створити карбюратор типу 2E-E Ecotronic (рис. 4.5).

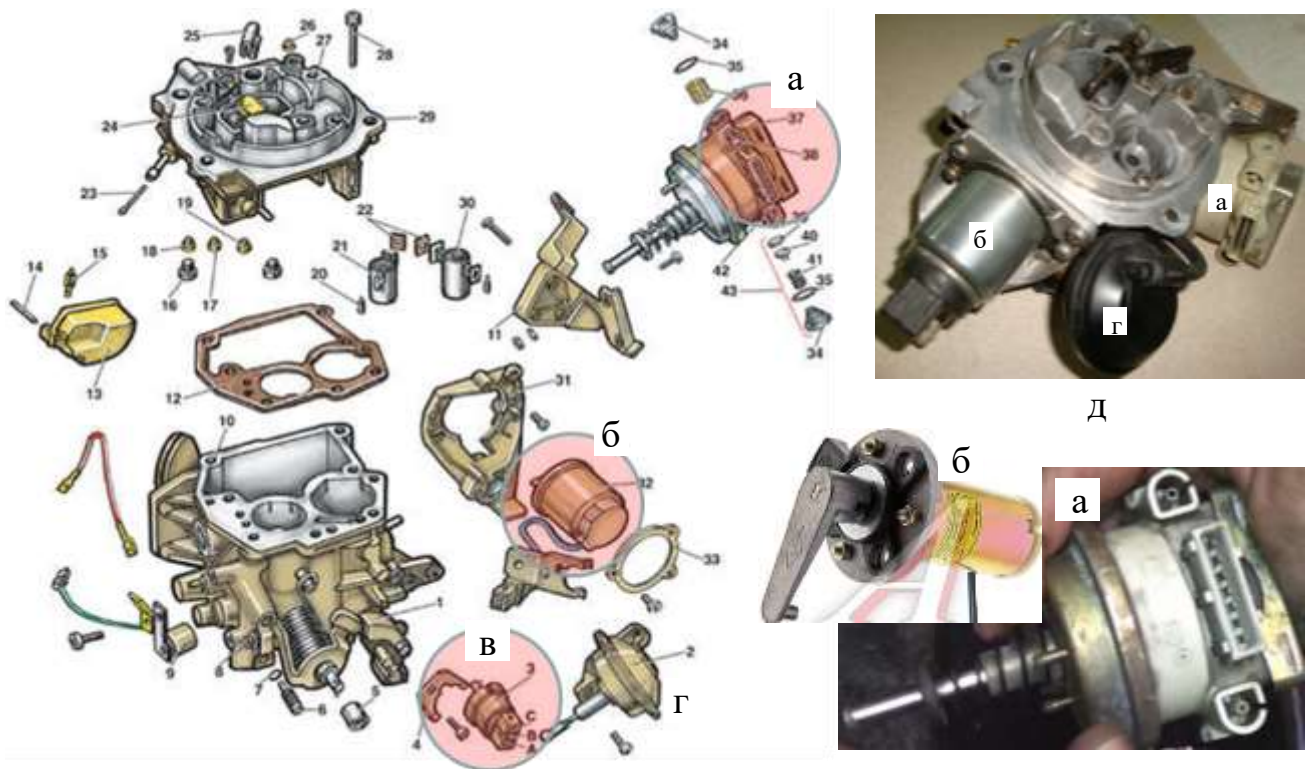


Рис. 4.5. Устрій карбюратора системи 2E-E Ecotronic:

а – пневмoeлектричний коректор ДЗ1 (37); б – електромеханічний привід ПЗ (32);
в – датчик положення ДЗ1 (3); г – вакуумний позиціонер ДЗ2 (2); д – карбюратор у зборі

Положення ексцентрично встановленої на своїй осі ПЗ (24) визначається обертовим моментом від вентильного двигуна постійного струму, який працює в шаговому режимі (позиціонера 32). Шток регулятора положення ДЗ1 (37) приводиться в рух мембраною, що знаходиться під впливом розрідження, додаючи при цьому, опір зворотної пружини регулятора. Керування необхідним робочим тиском в камері регулятора «а» проводиться за допомогою двох електромагнітних клапанів 3.1 і 3.2, один з яких з'єднаний з атмосферою 3.4 через фільтр, а інший 3.5 з впускним трубопроводом через зворотний клапан (див. рис. 4.4, б). Інформація про положення штовхача надходить у контролер у вигляді напруги з потенціометра 3.3 (3). У патрубках для шлангів, з'єднаних з атмосферою, передбачений фільтр, а з'єднаних із впускним трубопроводом – зворотний клапан.

Подальше удосконалення системи керування бензиновим ДВЗ пішло шляхом спрощення механічної частини карбюратора та використання додаткових датчиків режимних параметрів двигуна.

5. *Комплексна система керування ДВЗ*, побудована на базі карбюратора Pierburg являє прототип сучасних систем керування інжекторним двигуном. В конструкції карбюраторів Pierburg серії 2В та 2Е залишилися тільки основні системи, тобто всі інші елементи систем пуску, прогріву, прискорення та збавчання виключені. Ці функції взяли на себе два виконавчі пристрої з електронним керуванням аналогічно поєднаній системі (рис. 4.6).

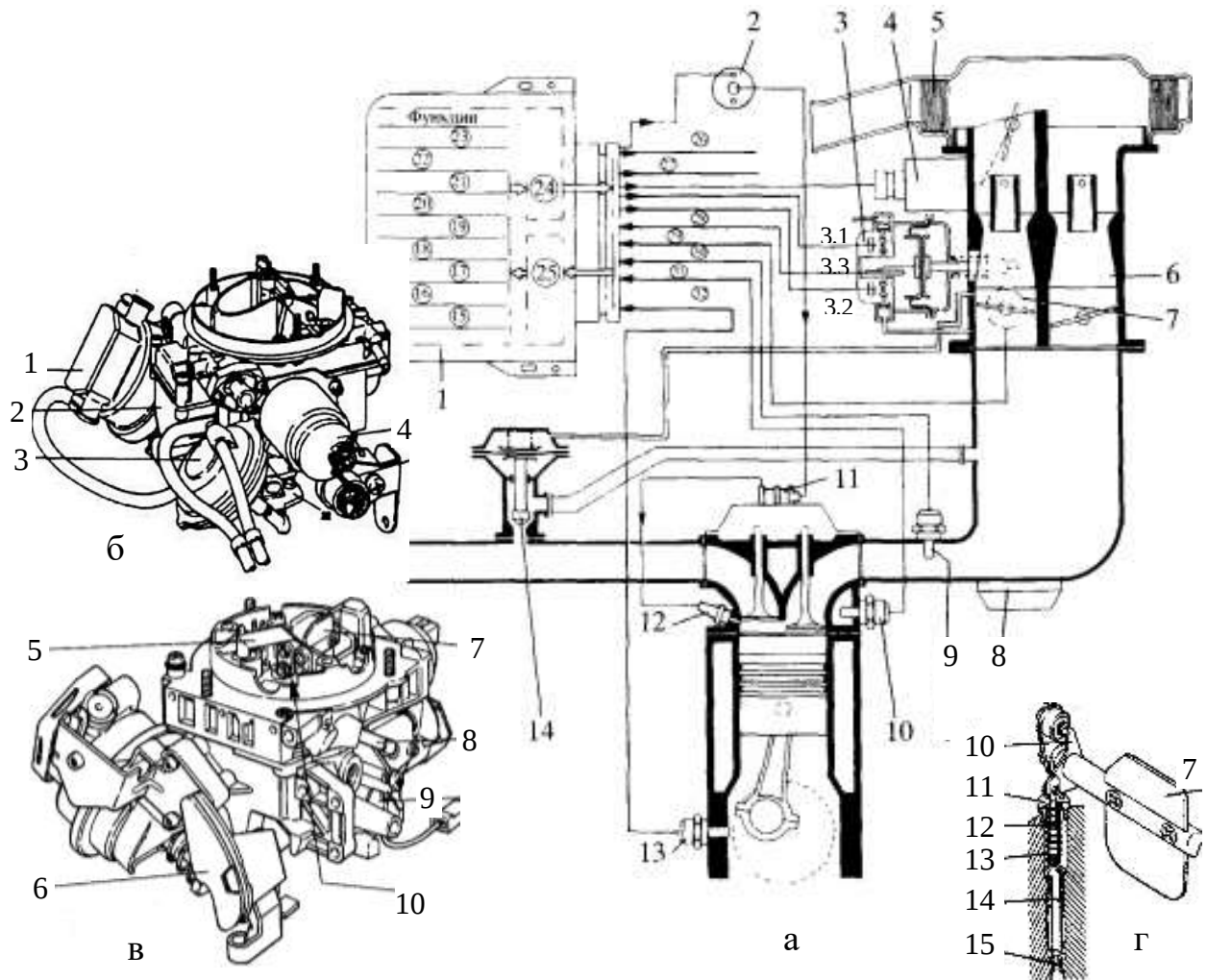


Рис. 4.6. Улаштування комплексної системи керування ДВЗ типу Ecotronic з карбюратором 2Е-Е Pierburg:

1 – ЕБК (контролер); 2 – котушка запалювання; 3 – коректор положення ДЗ1 (вакуумний привід); 4 – електропривод (моментний ЕД) ПЗ; 5 – повітряний фільтр; 6 – карбюратор; 7 – потенціометр положення ДЗ1; 8 – підігрівач впускного трубопроводу; 9 – датчик температури повітря; 10 – датчик ДТОР; 11 – розподільник високої напруги; 12 – свічки запалення; 13 – датчик частоти обертання; 14 – клапан системи рециркуляції ВГ

Компоновка конструкції карбюратора Ecotronic (рис. 4.6, б, в): 1 – пневмoeлектричний коректор ДЗ; 2 – датчик положення ДЗ1; 3 – пневматичний коректор ДЗ2; 4 – ЕД приводу ПЗ; 5 – балансуєчий канал поплавкової камери; 6 – важіль ДЗ з струмковим сегментом; 7 – повітряна заслінка ПЗ; 8 – штуцер підводу палива; 9 – електричний підігрівач байпасного каналу; 10 – важіль керування дозуючою голкою.

Момент протидіючий повороту ПЗ (дії приводу 4) утворюється аеродинамічною силою повітряного потоку та силою натискної пружини коригуючої голки ХХ (рис. 4.6, г): 10 – важіль керування дозуючою голкою; 11 – повітряний жиклер ХХ; 12 – голка коректування складу суміші ХХ; 13 – натискна пружина; 14 – емульсійна трубка; 15 – паливний жиклер ХХ.

Електронний блок сприймає вхідні *інформаційні сигнали* (режимні параметри): статус термореле підігріву впускного трубопроводу; положення коректора ДЗ1; кута відкриття ДЗ1; температури впускного трубопроводу; температури охолоджуючої рідини; частоти обертів колінчастого валу.

На виході ЕБК формуються *сигнали керування* виконавчими пристроями, які забезпечують оптимальні впливи (функції керування): момент запалювання; підігрів впускного трубопроводу; збагачення паливної суміші при розгоні; пуск та прогрівання двигуна; частоту обертання на ХХ; аварійну зупинку двигуна; відключення подачі палива на примусовому ХХ; приготування ПП-суміші на режимах часткових навантажень; рециркуляцію ВГ.

Керування випередженням запалювання відбувається за параметричною матрицею (як в МП системах запалювання) на основі обробки інформації про частоту обертання колінчастого валу, кута відкриття дросельної заслінки та температури ДВЗ з урахуванням обмеження вмісту шкідливих речовин у ВГ, для отримання найкращих показників потужності та паливної економічності.

Система рециркуляції призначена для зниження вмісту оксидів азоту (NO_x) у ВГ. Залежно від керуючого тиску клапану 14, що надходить з камери карбюратора над ДЗ1 і характеризує її кут відкриття (навантаження) та швидкості обертання ДВЗ, частина ВГ через клапан 14 знову повертається у впускну систему (див. рис. 4.6, а).

6. В системі з електромеханічними приводами ДЗ и ПЗ також вирішуються завдання оптимального приготування ПП-суміші на різних експлуатаційних режимах ДВЗ із застосуванням зворотного зв'язку по ДКК (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Комплектація системи Ecotronic з електромеханічними приводами:
1 – карбюратор у зборі; 2 – ДПДЗ; 3 – датчик ХХ; 4 – ДЧО; 5 – ДТОР; 6 – ДКК; 7 – ЕБК;
8, 9 – електродвигуни приводів ПЗ та ДЗ1

Компоненти 2, 3, 8, 9 є складовими структури карбюратора 2Е-Е. Індукційний датчик 4 активізується зубцями венця маховика, а датчики 5, 6 встановлюються у відповідних системах охолодження та випуску ДВЗ.

Лекція №12 (2 години)

Тема 4. Системи подачі і впорскування палива

4.4. Реалізація систем впорскування палива

Системи впорскування палива (СВП) розрізняють за загальними класифікаційними ознаками (рис. 4.8).

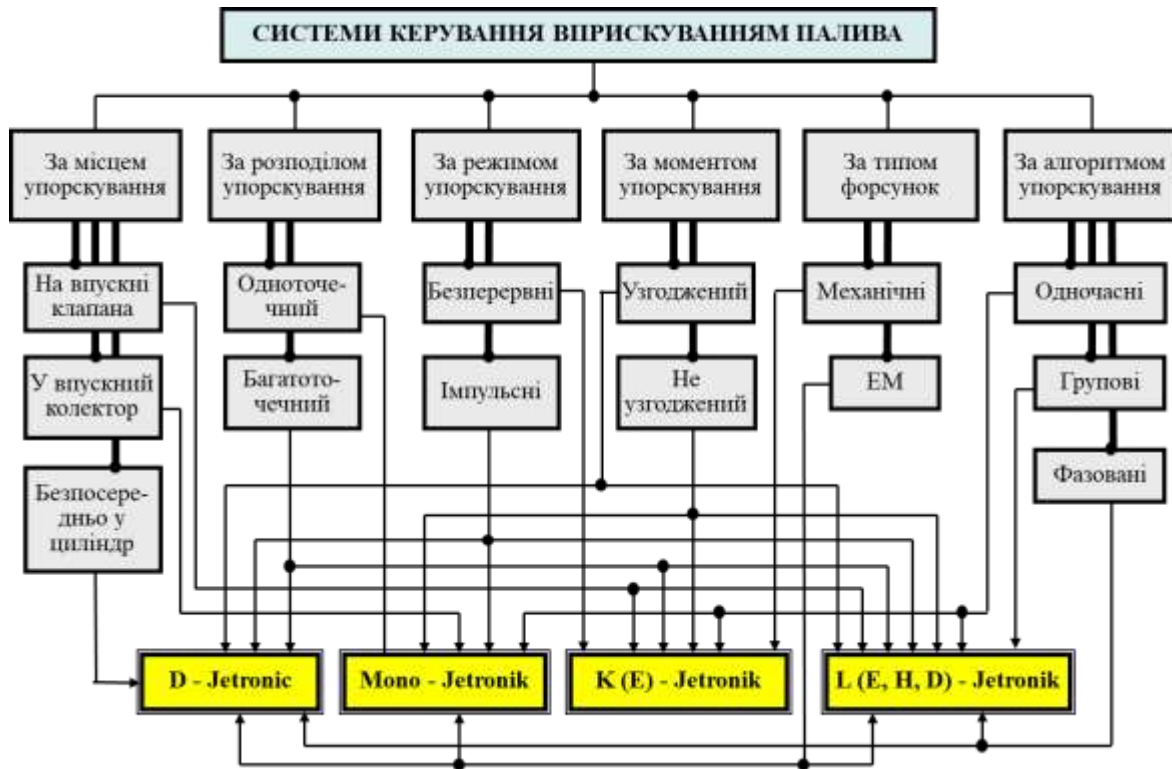


Рис. 4.8. Класифікація системи впорскування палива

Конфігурація СВП має маркетингові назви:

Jetronic (Jet від англ. струмінь) – системи впорскування.

K-Jetronic (K-від нім. Kontinuierlich – безперервність) – механічні системи впорскування.

KE-Jetronic (E – Electronic) електронні системи впорскування з електронним блоком.

Mono-Jetronic (один струмінь) системи з центральним впорскуванням.

D-Jetronic системи впорскування безпосередньо у циліндри ДВЗ.

L-Jetronic (від нім. Lade – точна позиція, заряд) багатоточечні (Mpi – many point injection) системи впорскування

LE-Jetronic системи впорскування з удосконаленим електронним блоком.

LH-Jetronic (від нім. Nauch – дмухання вітру) – системи впорскування з використанням масметрів повітря.

LD-Jetronic (від нім. Direckt – безпосередній) – системи впорскування без масметрів повітря (безпосередня подача повітря).

K-Jetronic згідно атрибутам (рис. 4.8) – механічна, багато точкова система, безперервного одночасного неузгодженого впорскування перед впускними клапанами. Дозування палива здійснюється за рахунок зміни його тиску за допомогою дозатора-розподільника палива 6 на підставі реакції механічного витратоміра повітря 12 (рис. 4.9).

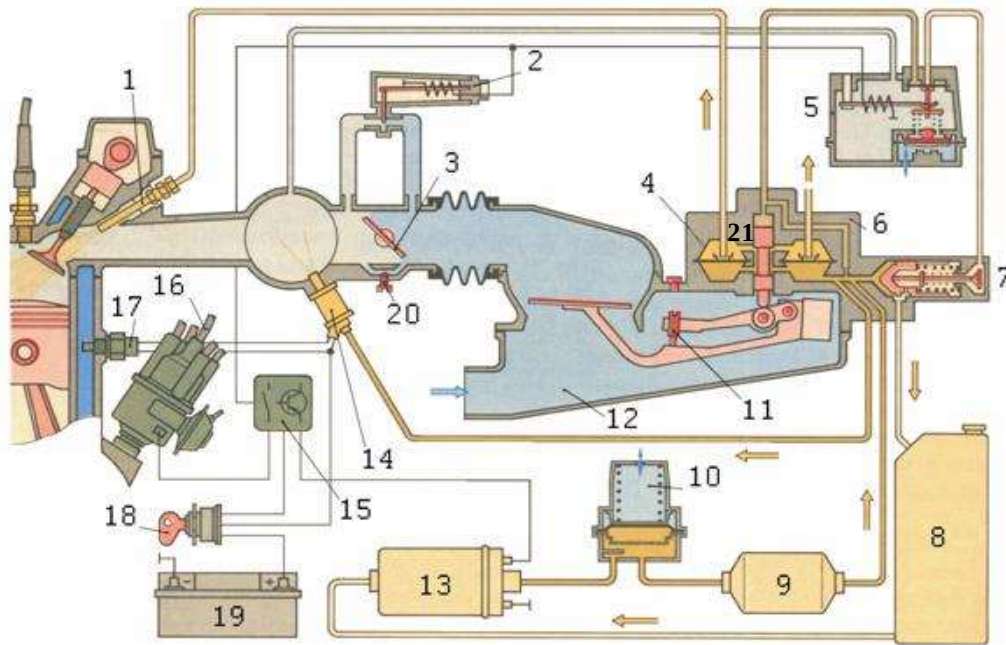


Рис. 4.9. Устрій системи K-Jetronic:

- 1 – робоча форсунка; 2 – клапан подачі додаткового повітря; 3 – дросельна заслінка;
 4 – диференційний клапан; 5 – регулятор керуючого тиску; 6 – дозатор палива; 7 – регулятор тиску палива в системі; 8 – паливний бак; 9 – паливний фільтр; 10 – накопичувач палива;
 11 – регулювальний гвинт якості суміші; 12 – витратомір повітря; 13 – паливний насос з електричним приводом; 14 – пускова форсунка; 15 – реле включення паливного насоса;
 16 – переривник-розподільник; 17 – термореле; 18 – замок запалювання; 19 – АКБ;
 20 – регулювальний гвинт кількості суміші; 21 – золотник

Дозатор-розподільник 6 має диференційні (розділені діафрагмою) клапани 4 відповідно до кількості циліндрів двигуна. Нижні камери з'єднані кільцевим трубопроводом з регулятором тиску 7, а верхні, – з форсунками циліндрів 1. Тиск у верхніх камерах дозатора задається положенням важеля ротаметра за допомогою розподільчого золотника 21. Завдяки цьому, на потужних режимах ДВЗ підтримується стехіометричний склад паливної суміші.

Для оптимізації процесу впорскування на режимі пуску (коли двигун не прогрітий) в системі передбачена пускова паливна форсунка 14, яка на час пуску забезпечує збагачення паливної суміші. Тривалість вмикання форсунки 14 залежить від температурного стану двигуна і визначається часом спрацювання біметалевого термореле 17.

Подача палива під час прогріву двигуна здійснюється за допомогою регулятора керуючого тиску 5. Для збільшення частоти обертання колінчастого валу на холостому ходу під час прогріву двигуна служить клапан (регулятор)

подачі додаткового повітря 2, встановлений в байпасному каналі дросельного вузла. Для збагачення суміші на режимах часткових навантажень використовується мембранний регулятор керуючого тиску 5.

Підключення живлення до насосу 13 і біметалевих регуляторів 2, 5 здійснюється через електронне реле 15 при наявності сигналу про обертання ДВЗ від розподільника запалювання 16. Слід зазначити, що продуктивність регуляторів 2 і 5 змінюється залежно від температури оточуючого середовища.

Таким чином, дозування палива в системі K-Jetronic відбувається залежно від навантажувального режиму та температурного стану ДВЗ. Слід додати, що система впорскування K-Jetronic хоча і реалізована на механічному рівні, але в ній використовуються електричні пристрої такі як: електричний паливний насос 13, біметалеве термореле підігріву двигуна 17, електромагнітний або біметалевий клапан додаткової подачі повітря 12, електромагнітна пускова форсунка 14, електронне реле керування паливним насосом та регулятором керуючого тиску 15.

У системі *KE-Jetronic* для дозування палива в робочих форсунках застосовано електромагнітний регулятор керуючого тиску 10 та потенціометричний датчик положення напірного диску ротаметра 15 (рис. 4.10).

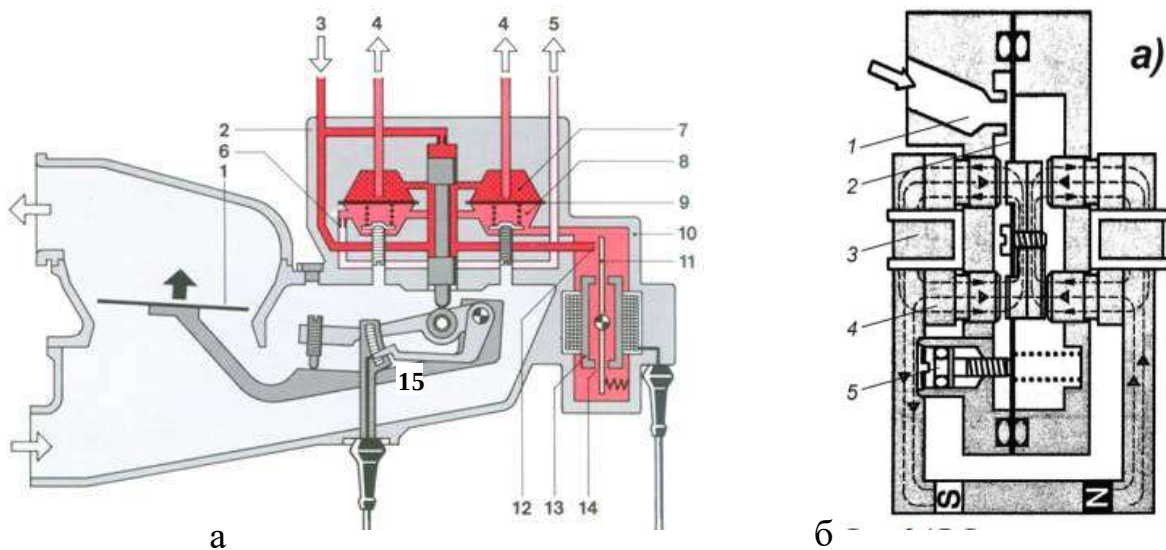


Рис. 4.10. Дозуючий вузол системи KE-Jetronic:

- а – устрій дозатора палива: 1 – напірний диск; 2 – дозатор палива; 3 – магістраль палива системного тиску; 4 – паливні магістралі робочих форсунок; 5 – зливна паливна магістраль;
 б – жиклер; 7, 8 – верхня та нижня камери диференційного клапану; 9 – діафрагма;
 10 – регулятор керуючого тиску; 11 – мембранна пластина; 12 – жиклер; 13 – полюс магніту;
 14 – повітряний зазор; 15 – датчик положення напірного диску ротаметра;
 б – схема регулятора керуючого тиску: 1 – жиклер; 2 – запірні пластина; 3 – котушка;
 4 – полюс магніту; 5 – регулюючий гвинт

Інформаційна частина системи керування доповнюється сигналами датчиків температури охолоджуючої рідини (ДТОР) замість термореле та положення дросельної заслінки ДПДЗ.

При навантаженні двигуна, поршневий розподільник дозатора (розташований між диференціальними клапанами) піднімається під дією ротаметра, відкриваючи дозуючі щілини і збільшуючи тиск палива в верхніх камерах 7 (рис. 4.13, а). При цьому, перепад тиску між камерами 7 і 8, залишається постійним. Регулятор тиску 10 в нижніх (що компенсують) камерах 8 являє диференціальний вібраційний перетворювач тиску з електронним керуванням.

Регулювання кількості палива забезпечується дозатором, який механічно коригується витратоміром повітря (ротаметром) і електрогідравлічним регулятором керуючого тиску. Таким чином, тиск на вході форсунки визначається за сигналами датчиків ДТОР, ДПДЗ, положення ротаметра і частоти обертання колінчастого валу двигуна (розподільника запалювання). Додаткове збагачення паливної суміші на режимі повного навантаження також здійснюється за рахунок пускової форсунки, яка керується електронним блоком.

У різних варіаціях СВП «К» - групи застосовуються різні типи виконавчих пристроїв (крім робочих форсунок), використовується зворотній зв'язок через λ -зонд та додатково задіюються екологічні системи нейтралізації та рециркуляції ВГ.

Електронні системи керування СВП бензинових ДВЗ мають електромагнітні ПФ які забезпечують імпульсне впорскування палива. Такі системи складаються з датчиків інформаційних сигналів ЕБК та виконавчих пристроїв. Основну інформацію про режимний стан двигуна в системах СВП забезпечують датчики:

- частоти обертання (ДЧО) або положення колінчастого валу (ДПКВ);
- детонації (ДД);
- положення дросельної заслінки (ДПДЗ);
- температури охолоджуючої рідини (ДТОР);
- абсолютного тиску (ДАТ) або масової витрати повітря (ДМВП);
- концентрації кисню у відпрацьованих газах (ДКК).

Принцип будови режимних датчиків наведено на рис. 4.11.

Згідно рис. 4.11 позначено позиції структури датчиків:

а – *індукційного*: 1 – кришка, 2 – ущільнювач, 3 – кронштейн кріплення, 4 – постійний магніт, 5 – корпус, 6 – обмотка, 7 – сердечник, 8 – диск синхронізації, Δ – зазор;

б – *п'єзоелектричного*: 1 – рознімання, 2 – корпус, 3 – притискаюча втулка, 4 – постійний магніт, 5 – п'єзоелемент, 6 – контактні кільця, 7 – притискаюча шайба, 8 – гайка;

в – *потенціометричного*: 1 – рознімання, 2 – корпус, 3 – доріжка напиленого шару резисту, 4 – друкована плата, 5 – упор втулки, 6 – вісь ДЗ, 7 – втулка, 8 – рухомі контакти, $R_1 - R_4$ резистори;

г – *терморезистивного*: 1 – рознімання, 2 – корпус, 3 – напівпровідниковий резистор з негативним коефіцієнтом температурного опору (негістор);

д – *п'єзорезистивного*: 1 – скляна підложка, 2 – силіконовий резистивний (напівпровідниковий) вимірювальний міст, 3 – герметична вакуумна камера,

4 – силіконова діафрагма, 5, 7 – клеми підключення, 6 – штуцер під'єднання, ΔP – вимірюваний тиск;

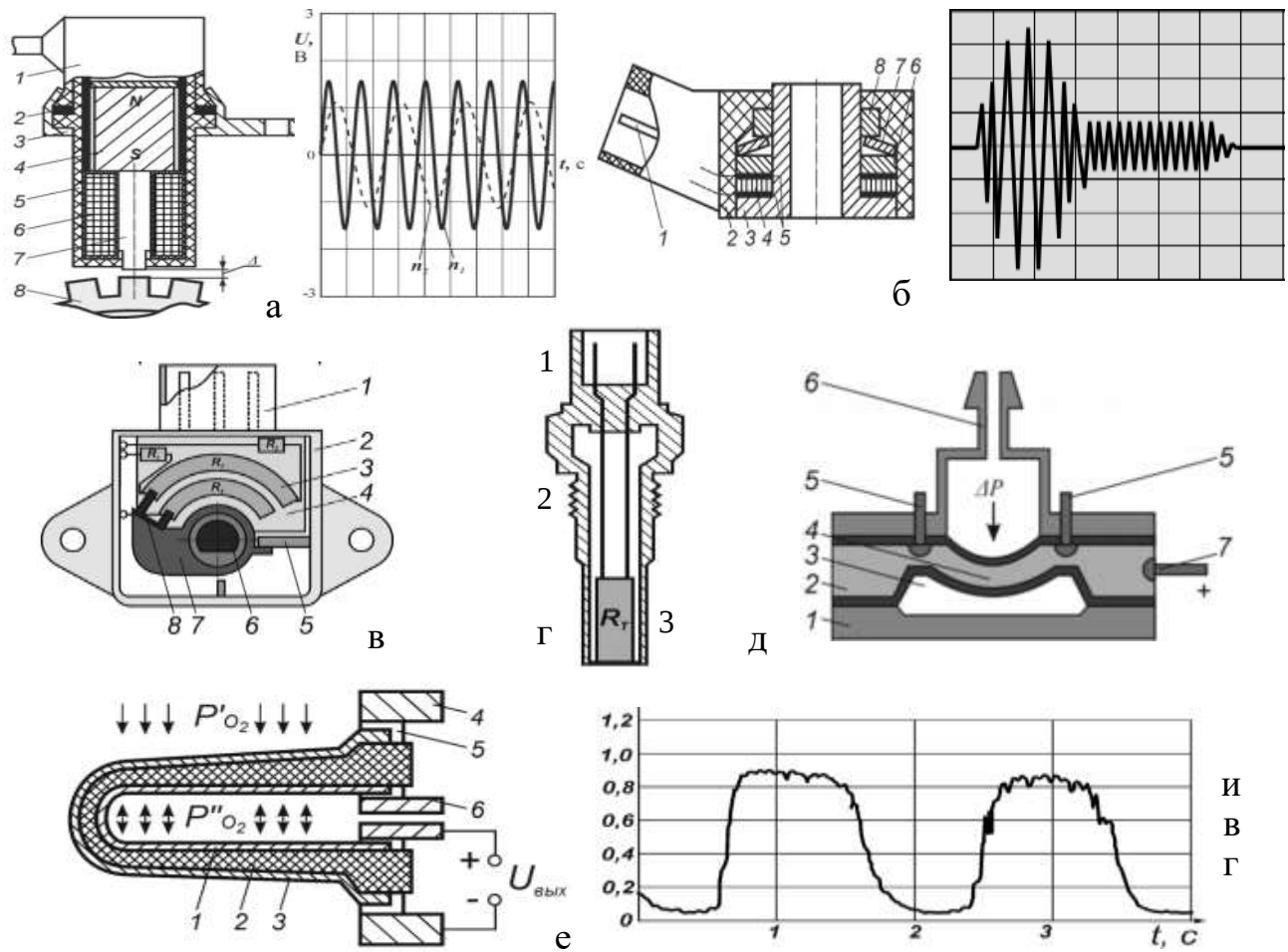


Рис. 4.11. Устрій та функціонування режимних датчиків:

а – принцип будови та сигнал ДЧО; б – принцип будови та сигнал ДД; в – конструкція ДПДЗ; г – структура ДТОР; д – структура ДАТ; е – принцип будови та сигнал ДКК

е – електрохімічного (гальванічного): 1 – внутрішній електрод, 2 – електроліт, 3 – зовнішній електрод, 4 – корпус, 5 – електропровідне ущільнення, 6 – контакт електрода, $P'O_2$ – парціальний тиск кисню.

В СВП використовуються оригінальні вимірювачі витрати повітря двох видів – датчики витратоміри повітря (вимірюють витрату у літрах) і датчики масметри повітря (вимірюють масу у кілограмах). В перших (ротаметрах), індикаторним параметром є швидкість руху (потік) повітря, яка оцінюється спротивом заслінки або турбінки. У других (термоанемометрах), плюс до того, враховується ще й температура і вологість повітря, які разом спричиняють охолоджуючу дію нагрітої спіралі. Особливості конструкції датчиків витрати повітря різних типів показані на рис. 4.12.

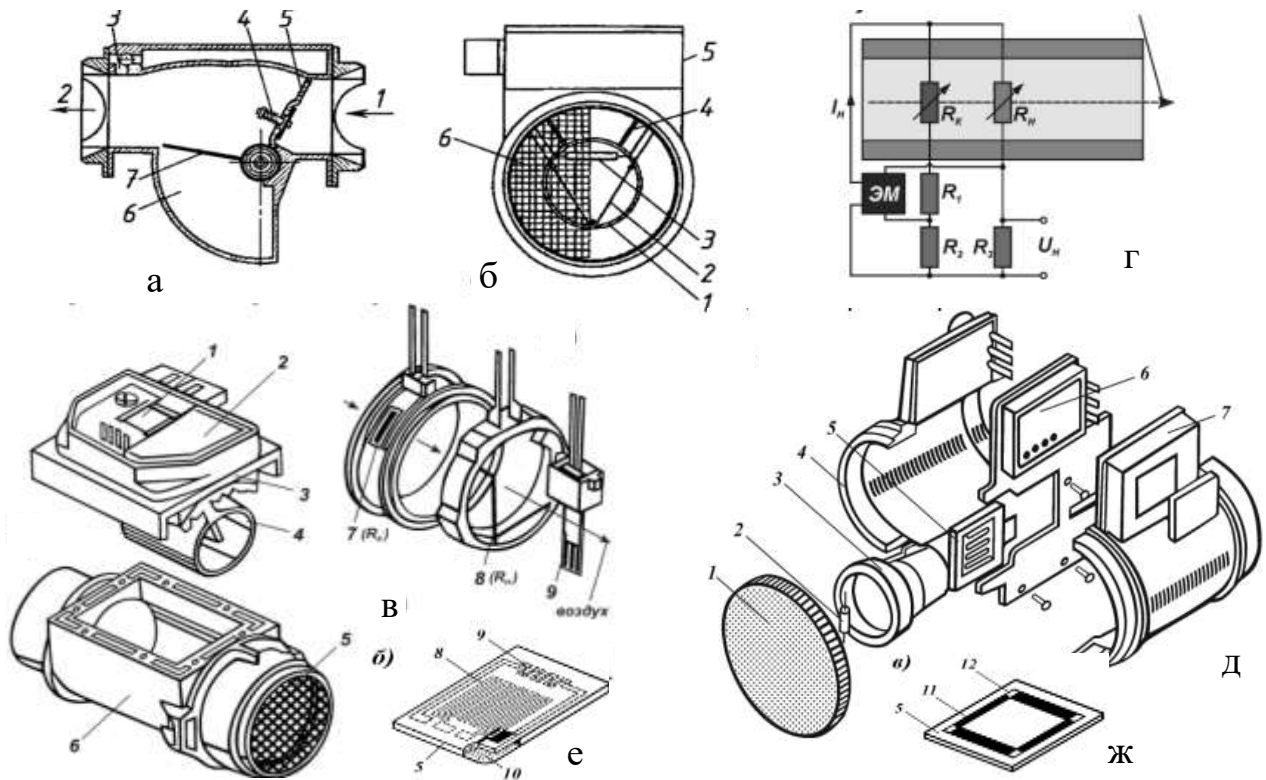


Рис. 4.12. Устрій датчиків витрати повітря:

а – принцип будови ротаметра; б – принцип будови ниткового датчика; в – конструкція ниткового масметра; г – вимірювальна схема; д – конструкція плівкового масметра; е – структура керамічного чутливого елементу; ж – структура метало-полімерного чутливого елементу

Згідно рис. 4.12 позначено позиції структури конструкції датчиків:

а – *потенціометричного*: 1, 2 – потік повітря, 3 – байпасний канал, 4 – клапан, 5 – заслінка, 6 – камера заспокоювача, 7 – заслінка заспокоювача;

б – *термоанемометричного*: 1 – опірне кільце, 2 – платинова нить, 3 – термокомпенсаційний резистор, 4 – кронштейн, 5 – електронний модуль, 6 – запобіжні сітки;

в – *термоанемометричного*: 1 – вимірювальна мікросхема, 2 – кришка, 3 – радіатор, 4 – вимірювальний канал, 5 – захисна сітка, 6 – корпус, 7 – резистор термокомпенсації, 8 – платинова нить, 9 – датчик температури;

В *ниткових датчиках* застосовано вимірювальний міст з електронним модулем ЕМ (рис. 4.13, г). На схемі позначено: I_H – струм нагрівання, R_H – опір платинової нитки, U_H – вихідний сигнал, R_K – резистор термокомпенсації, R_1 R_2 R_3 – резистори плечей моста;

Конструкція *плівкового масметра* складається з: 1 – захисної решітки, 2 – датчика температури повітря, 3 – вимірювального каналу, 4 – корпусу, 5 – чутливого елементу, 6 – електронного модуля, 7 – кришки, (рис. 4.13, д). При цьому, застосовуються два варіанти основи чутливого елемента 5 – твердої керамічної і металополімерної. В першому варіанті, плівкові резистори термоко-

мпенсації 8 та вимірювання температури 9 базуються на пластині з поліамідного ізоляційного матеріалу¹⁰ (рис. 4.12, е). В другому варіанті, фольгований нагрівальний елемент 11 і терморезистори 12 утворюють металополімерну конструкцію (рис. 4.12, ж).

У дизельних ДВЗ імпульсне вприскування палива безпосередньо у циліндри під високим тиском є обов'язковою умовою для забезпечення робочого процесу (спалахування палива). При цьому, процес дозованого вприскування обов'язково регламентується за цикловою подачею палива і моментом вприскування залежно від потужнісного швидкісного та температурного поточного режиму.

Паливні системи дизелів розрізняють за типом ПНВТ який є обов'язковим агрегатом в системі двигуна. За способом реалізації вприскування палива в дизельних двигунах з EDC розрізняють системи:

- з керованою рейкою рядного ПНВТ типу РЕ;
- з ПНВТ розподільного типу VE з аксіальним плунжером;
- з ПНВТ розподільного типу VR роторні;
- з насос-форсунками UIS (Unit Injector System);
- з індивідуальними ПНВТ UPS (Unit Pump System);
- акумуляторні системи типу CR (Common Rail).

Відзначимо, що перші три з перерахованих систем являють групу об'єднаного керування подачею палива, а останні три – розподіленого керування вприскуванням по циліндрах.

Лекція №13 (2 години)

Тема 5. Системи контрольно-вимірювальних приладів

5.1. Склад, призначення та вимоги до елементів системи КВП.

5.2. Логометричні вимірювальні системи.

5.3. Електромагнітні вимірювальні прилади.

5.1. Склад, призначення та вимоги до елементів системи контрольно-вимірювальних приладів

Контрольно-вимірювальні прилади *призначені* для забезпечення безпеки руху, надійності експлуатації і своєчасного діагностування несправностей.

Контрольно-вимірювальні прилади (КВП), що встановлюються на автомобілі, значно відрізняються по конструкції від приладів, що застосовуються промисловістю, хоча в них, як правило, використовується той же принцип дії. Ці відмінності в конструкції пояснюються необхідністю задовольняти жорстким *вимогам* нормативних документів, що регламентують їх роботу на двигуні і автомобілі:

- витримувати вібраційні навантаження при частоті 50 Гц до 10g (прилади, встановлені на автомобільному двигуні) і до 5g (інші);
- витримувати ударні навантаження до 15g (прилади, що встановлюються на двигуні), до 10g (інші);
- працювати при температурах навколишнього середовища від -45°C до $+80^{\circ}\text{C}$;
- не збільшувати похибки при зміні напруги живлення в межах 10-16 В (при нормальному напрузі 12 В) і при тиску 86 – 106 кПа (650 – 800 мм рт. ст.).
- забезпечувати захист від пилу вологи та агресивних середовищ;
- забезпечувати захист від зовнішніх електромагнітних завад.

Автомобільні КВП за способом відображення інформації, яку вони представляють водієві, поділяють на показчики і сигналізатори.

Показчики мають шкалу і стрілку, по положенню якої щодо шкали визначається значення вимірюваної величини. *Сигналізатори* – прилади дискретної дії, які реагують тільки на одне значення вимірюваного параметра, та інформують водія світловим або звуковим сигналом.

Вимірювальні системи автомобіля складаються з датчиків і приймачів, з'єднаних між собою проводами для передачі сигналу. Датчики встановлені на об'єкті контролю потрібного параметра, а приймачі на панелі приладів.

Розташування приладів на панелі повинне забезпечити хорошу видимість і читабельність шкал приймачів і сигнальних ламп. Сигналізатори в вимкненому стані повинні бути малопомітними, а при включенні негайно привертати увагу водія. Розташування приладів в полі зору водія підпорядковується рекомендацій інженерної психології і ергономічним міркуванням. Залежно від вимірюваного параметра автомобільні КВП поділяють за призначенням на: показчики температури, тиску, рівня палива, сили струму і напруги; спідометри; та-

хометри; тахографи. За принципом будови показчика розрізняють системи:

- магнітоелектричні (з рухомою котушкою або рухомим магнітом);
- електромагнітні (з рухомим залізом);
- магнітоіндукційні (з механічним або електричним приводом);
- цифрові (цифропоказуючі або моніторні);

Базові електричні вимірювачі мають недостатню вібростійкість і надійність окремих елементів конструкції (рис. 5.1).

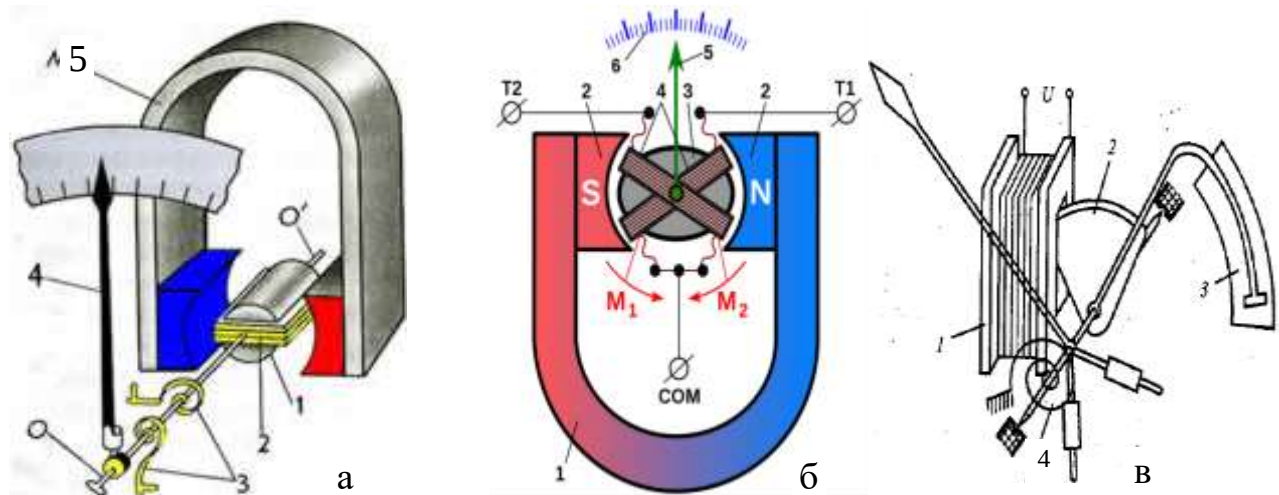


Рис. 5.1. Конструкція стрілочних приладів безпосереднього вимірювання:
а – магнітоелектричної системи; б – логометричної системи; в – електромагнітної системи

До таких елементів в першу чергу слід віднести:

- струмопровідні протидіючі пружини 3 (рис. 5.1, а)
- струмопровідні шлейфи підключення котушок 4 (рис. 5.1, б)
- рухомий сердечник 2 та повертаюча пружина 4 (рис. 5.1, в)

Датчики вимірювальних систем розрізняють за призначенням і принципом будови:

- резистивні (терморезистивні, потенціометричні, реостатні);
- біметалеві (термобіметалеві імпульсні);
- електромагнітні (генераторні);
- індукційні (імпульсні);
- магнітоелектричні (магніторезистивні, на ефекті Холла).

5.2. Логометричні вимірювальні системи

В логометричних вимірювальних системах використовуються датчики різного принципу будови (рис. 5.2, а, в, д) та логометричні показчики 2, які мають три обмотки (рис. 5.2, б, г, е).

Така конструкція показчика дозволяє позбавитись струмопровідних протидіючих пружин базової логометричної системи (див. рис. 5.1, б) та підвищити її вібростійкість і перевантажувальну здатність.

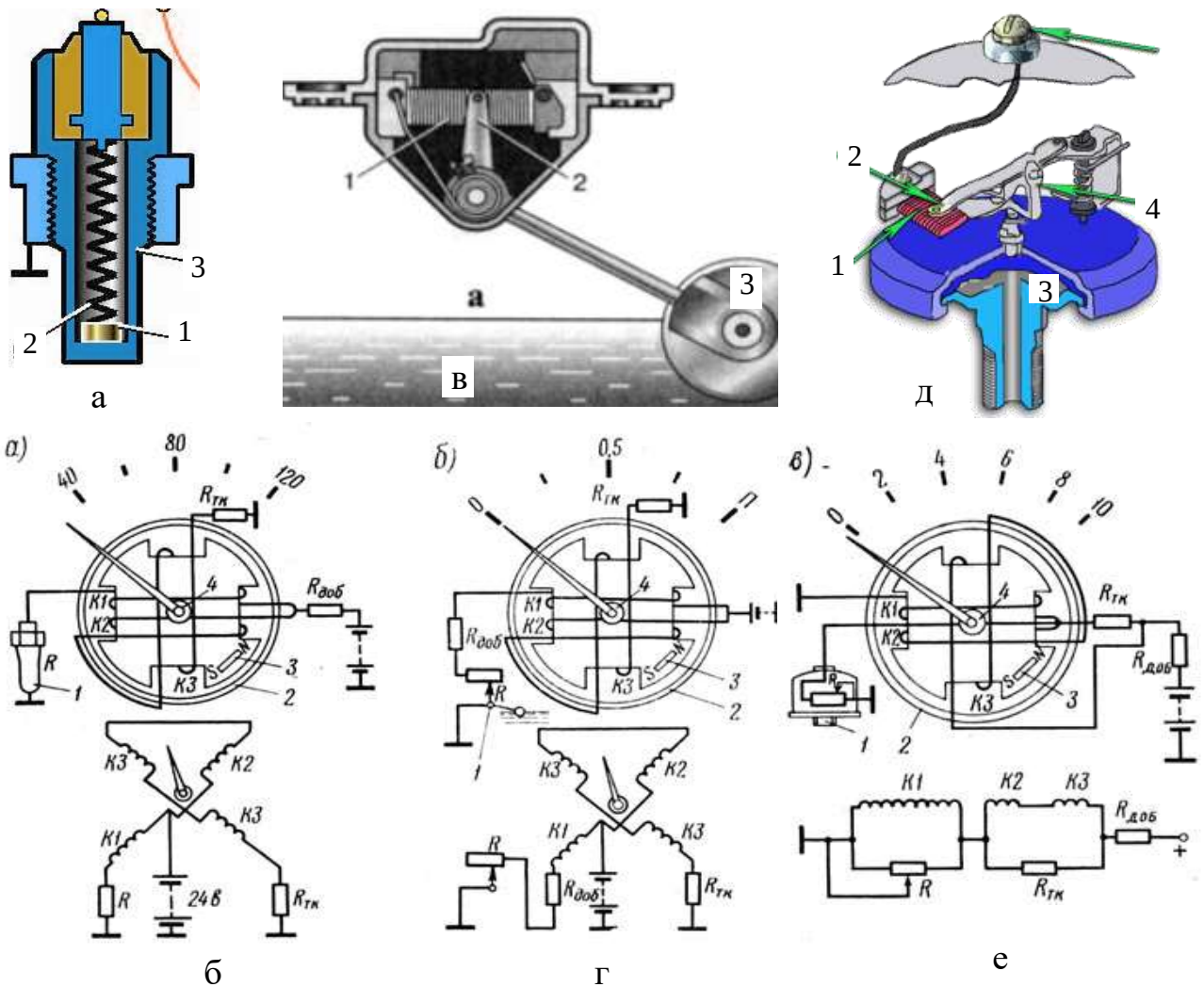


Рис. 5.2. Вимірювальні системи з логометричними показниками:

а, б – конструкція терморезистивного датчика температури охолоджуючої рідини та схема вимірювань; в, г – конструкція реостатного датчика рівня палива та схема вимірювань; д – конструкція реостатного датчика тиску масла та схема вимірювань

Обмотки $K1$ і $K2$ намотані співвісно, але зустрічно і за рівних струмів створюють взаємокомпенсуючі магнітні поля. Обмотка $K3$ розташована перпендикулярно. Поруч із обмотками розташовується постійний дисковий магніт 4 із закріпленою на ньому стрілкою. Струм в обмотках $K2$ і $K3$ в стаціонарних умовах не змінюється, а в $K1$ залежить від стану датчика 1. Сумарна магніторухливіна сила, що діє стрілку з магнітом, повертає її в межах шкали. Для установки стрілки в початкове положення при відсутності сигналу датчика використовується постійний магніт 3, який взаємодіє з дисковим магнітом 4. Для компенсації похибки вимірювань, спричиненою зміненням температури від внутрішніх (нагрівання струмом) та зовнішніх (оточуюче середовище) джерел, у вимірювальне коло додають резистор R_{TK} .

Вимірювання температури проводиться терморезистивним датчиком типу ТМ100А (рис. 5.2, а). Напівпровідниковий терморезистор 1 має форму таб-

летки, притиснутою пружиною 2 до латунного корпусу 3.

Для вимірювання рівня рідини (зокрема бензину в баку) застосовуються поплавкові реостатні датчики (рис. 5.2, в). Поплавок 3 переміщає по намотці 1 з високоомного проводу (реостату) рухомий контакт (повзунок) 2, тим самим змінюючи опір кола. У сучасних приладах замість провідної намотки використовуються намазані (вуглецеві) доріжки.

В основі вимірювання тиску масла закладено мембранний спосіб реєстрації переміщень. Відмінності полягають у способі перетворення цього переміщення в електричний сигнал. На рис. 5.2, д для цього використовується реостат 1, повзунок 2 якого, зміщується під дією мембрани 3 через поворотний механізм 4.

5.3. Електромагнітні вимірювальні прилади.

В електромагнітному показчику 6 якір 4 з магнітом'якого матеріалу із закріпленою на ньому стрілкою 2 через пружний елемент 5 притягається до двох розташованих під кутом котушок з сердечниками 1 і 3 (рис. 5.3, а).

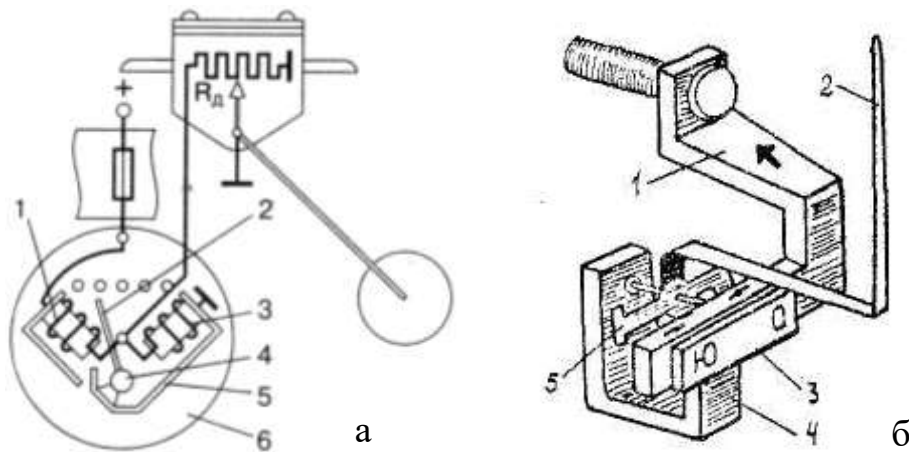


Рис. 5.3. Вимірювальні системи з електромагнітними показчиками:
а – вимірювача рівня палива у баку; б – бортового амперметра

При зміні струму в котушці 1 під дією датчика R_d , сумарна МРС котушок змінюється, що викликає відхилення стрілки 2.

Для контролю роботи системи електропостачання на автомобілях застосовують амперметри та вольтметри. Амперметр включають між генератором і АКБ та вимірюють їм зарядний і розрядний струм батареї, за винятком струму стартера і звукових сигналів. За значенням зарядного струму можна контролюють рівень заряду батареї. На автомобілях використовують амперметри електромагнітної або магнітоелектричної системи. Амперметр електромагнітної системи складається з: основи 4, постійного магніту 3, латунної струмопровідної шини 1, якоря 5 із закріпленою стрілкою 2 (рис. 5.3, б).

За відсутності струму рухливий вимірювальний якір зі стрілкою, підтримується в нульовому (середньому) за рахунок паралельної орієнтації в полі по-

стійного магніту 3 (функція повертаючої пружини). При проходженні струму через шину 1 створюється магнітний потік, пропорційний струму, який спрямований перпендикулярно до потоку постійного магніту 3. Результуючий магнітний потік повертає якорь зі стрілкою на кут, що відповідає силі вимірюваного струму. При зміні напрямку струму стрілка відхиляється в протилежний бік.

Амперметри з рухомих магнітом встановлюються на автомобілях із заднім розташуванням ДВЗ і великою потужністю генератора, тобто там, де необхідно вимірювати значні струми. Безпосередньому вимірюванню струму заважала наявність проводів великого перерізу для його підключення. Щоб позбавитись проводів значного перетину, до кола АКБ підключають стандартний шунт 3 ($R_{ш}$) і паралельно з ним включають показчик струму (рис. 5.4, а).

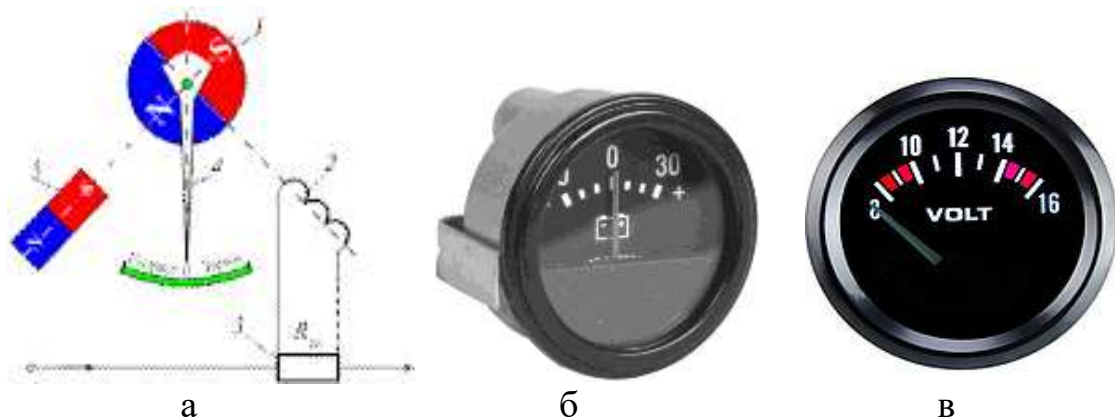


Рис. 5.4. Вимірювачі електричних параметрів бортової мережі:

а – схема амперметра з рухомих магнітом; б – розмітка шкали амперметра;
в – розмітка шкали вольтметра

Показчик складається із закріпленого на осі рухомого магніту 1 зі стрілкою 4. Магніт 1, розміщений всередині нерухомої котушки 2, підключеної до шунту 3, по якому протікає вимірюваний струм. Протидіючий момент створюється нерухомим постійним магнітом 5.

За відсутності струму рухомий магніт зі стрілкою, орієнтується в полі магніту 5, встановлюючи стрілку навпроти позначки «0» на шкалі амперметра (рис. 5.4, б). При проходженні струму через шунт, на ньому спадає напруга, під дією якої виникає струм в колі котушки 2, утворюючи навколо неї магнітний потік, пропорційний струму і спрямований перпендикулярно до потоку магніту 5. Результуючий магнітний потік повертає магніт зі стрілкою на кут, пропорційний силі струму, що протікає через шунт. При зміні напрямку струму стрілка відхиляється в протилежний бік.

Наявність амперметра дозволяє контролювати процеси циклування струму між джерелами та споживачами електричної енергії борта. Однак, за показаннями амперметра не можливо визначити несправності при порушенні роботи регулятора напруги, генератора та АКБ. При великій потужності генератора такі несправності призводять до аварійної перенапруги у бортовій мережі автомобіля, тому останнім часом почали встановлювати на автомобілі вольтмет-

ри. Шкали таких вольтметрів, для зручності контролю, мають не пропорційні ділення (рис. 5.4, в) та/або колірні зони: червона – напруга нижче 11...12 В (сильний розряд); жовта – 12...12,5 В (розряд); зелена – 12,5...14,8 (нормальний, заряд); червона – понад 14,8 В (перезаряд).

Як вольтметри, зазвичай, використовують логометричні магнітоелектричні прилади. Перевага показчика напруги – можливість контролю напруги бортової мережі автомобіля, контроль регулювання регулятора напруги та визначення стану акумуляторної батареї (за значеннями напруги під час пуску ДВЗ).

Поряд з аналоговими датчиками та показчиками, у вимірювальних системах застосовуються датчики дискретної дії і світлові та звукові сигналізатори. Інформація від сигналізатора попереджує водія, коли нормальний режим роботи вже порушений або близький до порушення. Крім того, сигналізатори менш інформативні, ніж показчики. Наприклад, прилад амперметр, крім показання сили зарядного та розрядного струму акумулятора, дозволяє також судити про рівень регулювання регулятора напруги та стан акумуляторної батареї автомобіля, у той час як сигнальна лампа заряду (сигналізатор), загоряючись, вказує тільки на те, що заряд батареї не відбувається.

Лекція №14 (2 години)

Тема 5. Системи контрольно-вимірювальних приладів

5.4. Цифрові вимірювачі.

5.5. Термобіметалеві вимірювальні системи.

5.6. Устрій тахометрів і спідометрів.

5.4. Цифрові вимірювачі.

Цифрові вимірювачі складаються з цифрових показчиків (вольтметрів) і датчиків, які дозволяють отримати значення вимірюваного параметру у вигляді пропорційного значення напруги постійного струму:

- резистивні датчики потенціометричного підключення;
- п'єзрезистивні датчики, як плече подільника напруги;
- п'єзоелектричні датчики (активні) у якості джерела напруги;
- термоелектричні датчики (активні термопари).

У цифрових вольтметрах, як вимірювальна частина використовується аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), а у якості дисплею – цифровий індикатор (рис. 5.5).

На рисунку позначено: ГРІ – генератор рахункових імпульсів; ДЧ – дільник частоти; ГПІ – генератор пилоподібних імпульсів; СП – схема порівняння; ТШ – тригер Шмітта; СД – схема дозволу; ЦЛ – цифровий лічильник; ПК – перетворювач коду індикатора; ЦІ – цифровий індикатор. Процес вимірювання відбувається шляхом підрахунку імпульсів ГРІ за тактовий період, який визначається порівнянням вимірюваної напруги з напругою, яка змінюється за лінійним (часовим) законом (ГПІ).

чення до живлення) спіралі. На базі такого показчика будуються системи вимірювання температури охолоджуючої рідини і тиску мастила.

Датчик температури також містить у герметичному балоні ТБМП 6 з навитою спіраллю 7 і контактом на вільному кінці 8 (рис. 5.6, б). При замкненому стані контактів 8, коло, послідовно з'єднаних спіралей 2 і 7, підключено до АКБ. При цьому, відбувається нагрівання обох спіралей. Через де-який час, що визначається температурою оточуючого середовища навколо балона датчика, теплова деформація пластини 7 спричинить розмикання контактів 8. Коло живлення розімкнеться, спіралі відключаться, а стрілка показчика завдяки термопружній інерційності ТБМП 3 залишиться у відхиленому відносно початкового стану положенні. Потім, ТБМП 6 охолоджується, повертається в початковий стан, контакти 8 знову замикаються, і процес періодично (імпульсно) повторюється, підтримуючі положення стрілки у положенні, що відповідає вимірюваній температурі.

Оскільки період нагрівання ТБМП спіралями за часом, протилежний температурі оточуючої середовища датчика, стрілка термометра 1 в початковому стані (див рис. 5.6, б) виставлена в кінці шкали та відлік показань відбувається у зворотному напрямку.

Датчик тиску мембранного типу 1 має аналогічну ТБМП з контактною парою 2 (рис. 5.6, в). Нижній контакт з'єднаний з мембраною 1 через пружний елемент. Таким чином, переміщення мембрани під дією тиску притискає нижній контакт, затримуючі розмикання кола живлення спіралей на час, пропорційний значенням тиску. Це означає що, стрілка манометра 4 в початковому стані (див рис. 5.6, в) виставлена на початку шкали та відлік показань відбувається у прямому напрямку.

5.6. Устрій тахометрів і спідометрів.

В системах КВП автомобіля застосовуються тахометри і спідометри побудовані за різним принципом дії:

- магнітоіндукційні з механічним приводом;
- електронні з електричним приводом;
- аналогові електронні стрілочні;
- цифрові частотоміри.

Магнітоіндукційний спідометр поєднує два вузли – швидкісний і лічильний. Швидкісний вузол містить постійний магніт 1, установлений на валу 2 всередині чашоподібної алюмінієвої кортушки 3 або напроти диску NS, протидіючої пружини 4 і стрілку (рис. 5.7, а, б).

Механічний привод спідометра здійснюється за допомогою гнучкого тросу, який під'єднується до вихідного валу коробки передач. У кортушці наводяться вихрові струми і вона набуває обертового моменту, аналогічного моменту ротора асинхронного двигуна. Ступінь обертання кортушки обмежується повертаючою пружиною 4, спротив якої забезпечує відхилення стрілки на певний кут, пропорційно швидкості обертання.

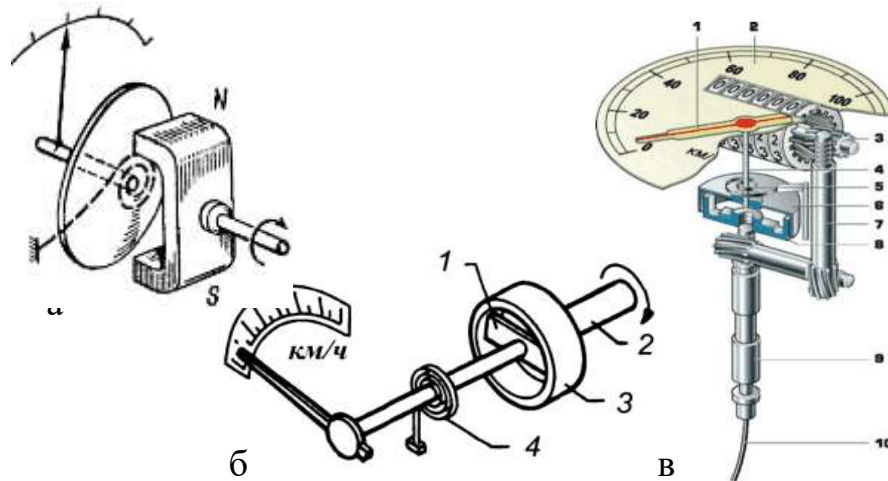


Рис. 5.7. Устрій спідометрів з механічним приводом:
а, б – схеми побудовання; в – конструкція

Рахунковий вузол спідометра приводиться в дію за допомоги понижуючого редуктора 3 (рис. 5.7, в). Недолік гнучкого валу 10 – швидке зношування, нерівномірність обертання, обмеження по довжині.

Більш досконалим є *тахометри і спідометри з електроприводом*, побудовані за тандемною схемою генератор-двигун. Функцію датчика виконує трифазний синхронний генератор зі збудженням від постійного магніту, який обертається від колінчастого валу ДВЗ (для тахометрів) або вихідного валу коробки передач (для спідометрів), а функцію двигуна – аналогічна трифазна електрична машина. Наприклад, в автомобілях КамАЗ, ЗІЛ-1335 встановлюється тахометр 121.3813 з магнітоелектричним датчиком МЕ307 генераторного типу. Вал датчика приводиться в обертання від валу приводу паливного насоса.

На статорі датчика розміщено три якірні котушки $W1$, $W2$, $W3$, зсунуті під електричним кутом 120° (рис. 5.8).

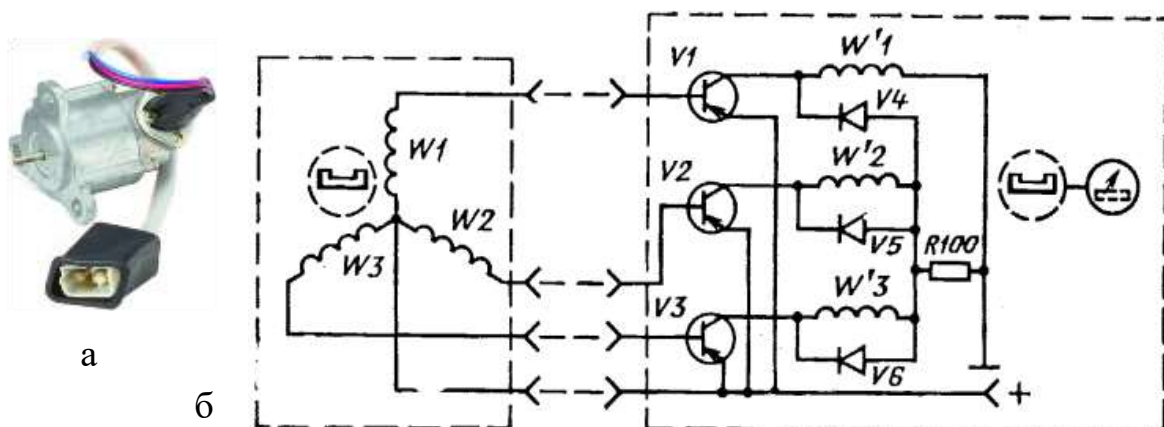


Рис. 5.8. Устрій спідометрів і тахометрів з електричним приводом:
а – трьохфазний датчик генераторного типу; б – схема електрична принципова спідометра

При обертанні ротора в трьох котушках обмотки статора індукуються синусоїдальна ЕРС з частотою кратною до частоти обертання ротора. Коли позитивний напівперіоду імпульсу ЕРС буде поданий базу будь-якого транзистора приймача $V1 - V3$, він відкриється і через нього буде проходити струм від джерела напруги в одну з котушок показника: $W1', W2'$ і $W3'$. Струм, що проходить в котушках статора, створює обертаюче магнітне поле, синхронне обертанню ротора датчика. Це викликає обертання ротора приводу швидкісного вузла та магніту показника. Магнітне поле магніту індукуює вихрові струми в кортушці, створює крутий момент, що забезпечує поворот кортушки зі стрілкою в напрямку обертання магніту на кут, пропорційний частоті обертання магніту.

Діоди $VD1 - VD3$ захищають транзистори від імпульсної перенапруги ЕРС самоіндукції, яка утворюється на момент припинення струму в котушках.

Електронні тахометри типу ТХ-193 побудовані на базі схеми одно-вібратора (рис. 5.9, в).

Такі тахометри за вхідний сигнал (синхроімпульси запуску) сприймають імпульси ЕРС самоіндукції, що утворюються на первинній обмотці котушки запалювання з частотою f_x .

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

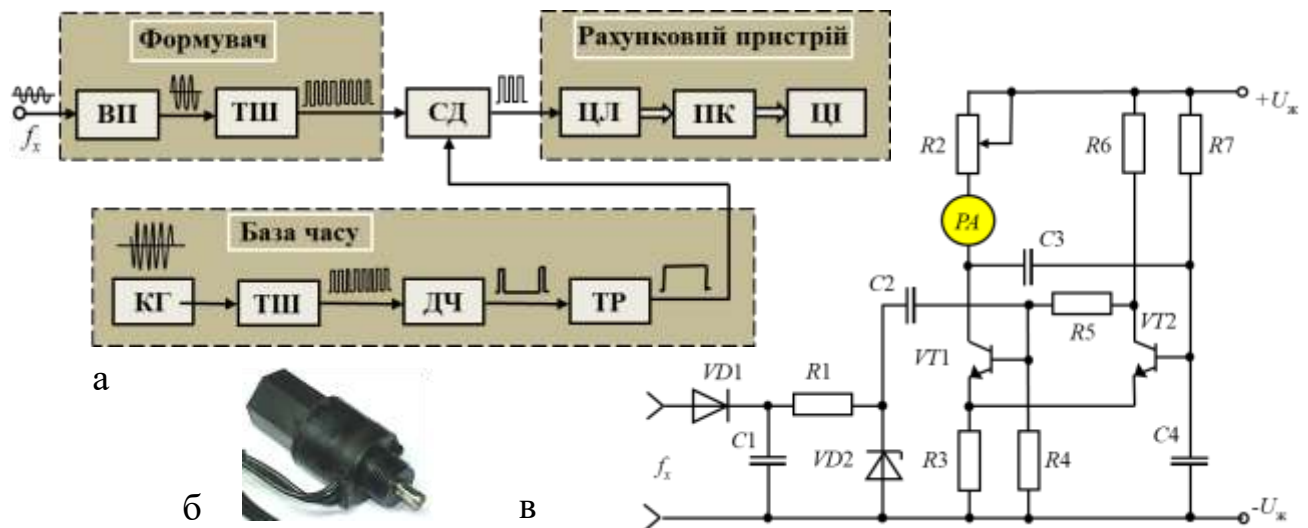


Рис. 5.9. Устрій електронних вимірювачів частоти обертання:

а – схема електрична функціональна цифрового спідометра; б – датчик швидкості руху автомобіля; в – схема електрична принципова аналогового тахометра на базі одно-вібратора

Сигнал, що вимірюється, запускає очікуючий мультивібратор, який формує імпульс фіксованої тривалості. При зміні частоти сигналу (синхронізуючих імпульсів) змінюється і частота вихідного сигналу одно-вібратора при постійній тривалості вихідних імпульсів. Отже, зміна частоти вхідного сигналу при-

водить 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 (спідометри і тахометри) складаються з: формувача вимірюваного сигналу; бази часу, що генерує часовий інтервал вимірювання; рахункового пристрою, який підраховує імпульси за визначений період часу (рис. 5.8, а). На рисунку 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.

Процес вимірювання частоти сигналу відбувається шляхом підрахунку імпульсів сформованих у вимірювальній частині приладу за тактовий період, час якого визначається тригером бази часу. При цьому, схема дозволу СД реалізує функцію логічного елементу «Так».

Періодичний сигнал про швидкість обертання коліс зазвичай надходить від спеціальних датчиків швидкості руху автомобіля, побудованих на базі цифрових мікросхем Холла (рис. 5.9, б). Такі датчики встановлюються на штуцер приводу спідометра. Також, можуть використовуватися колісні датчики системи ABS.

Лекція №15 (2 години)

Тема 6. Системи освітлення та сигналізації

6.1. Склад системи, призначення та вимоги.

6.2. Устрій фар головного освітлення.

6.1. Склад системи, призначення та вимоги

Система освітлення і сигналізації – призначена для освітлення дороги, передачі інформації про габаритні розміри автомобіля, передбачуваний або що здійснюється маневрі, та освітлення номерного знаку, кабіни, салону, контрольно-вимірювальних приладів.

Згідно з міжнародним стандартом на автомобілях встановлюють світлові і світлосигнальні прилади: фари далекого і ближнього світла, протитуманні фари, передні ліхтарі (габаритні вогні, покажчики поворотів, стоянкові вогні); задні ліхтарі (габаритні вогні, покажчики поворотів, сигнали гальмування, стоянкові вогні); позовні ліхтарі (бічні повторювачі покажчиків повороту), ліхтар освітлення номерного знаку (рис. 6.1).

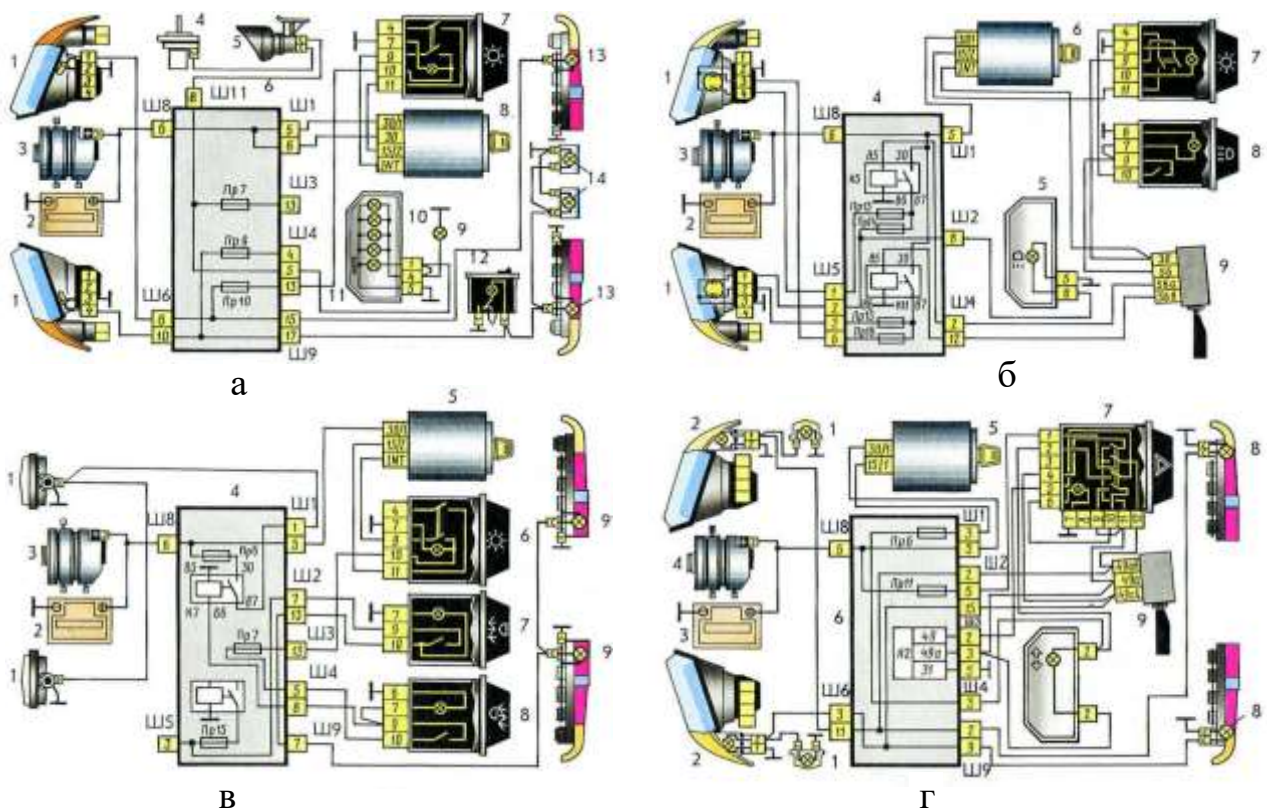


Рис. 6.1. Склад систем освітлення і сигналізації:

а – зовнішнє освітлення; б – головні фари; в – протитуманні фари та ліхтарі; г – повороти та аварійна сигналізація

На рис. 6.1, а позначені позиції: 1 – лампа габаритного світла у фарах; 2 – акумуляторна батарея; 3 – генератор; 4 – вимикач підкапотної лампи; 5 – підкапотна лампа; 6 – монтажний блок реле та запобіжників; 7 – вимикач зовніш-

нього освітлення; 8 – вимикач запалення; 9 – лампа підсвічування важелів керування обігрівачем; 10 – комбінація приладів; 11 – лампи контролю та підсвічування комбінації приладів; 12 – плафон освітлення багажника; 13 – лампи габаритного світла у задніх ліхтарях; 14 – лампи освітлення номерного знаку.

На рис. 6.1 б позначено позиції: 1 - лампа фар; 2 – акумуляторна батарея; 3 – генератор; 4 – монтажний блок реле та запобіжників; 5 – контрольна лампа далекого світла фар; 6 – вимикач запалювання; 7 - вимикач зовнішнього освітлення; 8 – вимикач світла фар; 9 - перемикач далекого і ближнього світла фар.

На рис. 6.1, зазначено позиції: 1 – лампи протитуманних фар; 2 – акумуляторна батарея; 3 – генератор; 4 – монтажний блок реле та запобіжників; 5 – вимикач запалювання; 6 - вимикач зовнішнього освітлення; 7 – вимикач протитуманних ліхтарів; 8 - вимикач протитуманних фар; 9 – лампи протитуманних ліхтарів.

На рис. 6.1 г позначено позиції: 1 – бічні показники поворотів; 2 – лампи показників поворотів у фарах; 3 – акумуляторна батарея; 4 – генератор; 5 – вимикач запалювання; 6 – монтажний блок реле та запобіжників; 7 – вимикач аварійної сигналізації; 8 – лампи показників поворотів у задніх ліхтарях; 9 – перемикач показників поворотів.

Сучасні системи освітлення можна розділити за типами створюваного світлорозподілу – на європейську та американську; за способом реалізації системи світлорозподілу – на двох і чотирифарну системи; за формою оптичних елементів – з круглими і прямокутними фарами. Для отримання далекого і ближнього світла в двофарних системах освітлення використовують двониткові лампи розжарювання.

Американська система (рис. 6.2, а) з двонитковими лампами, не мають екрану на нитки ближнього світла, зміщена щодо фокусу параболічного відбивача трохи вгору і вліво.

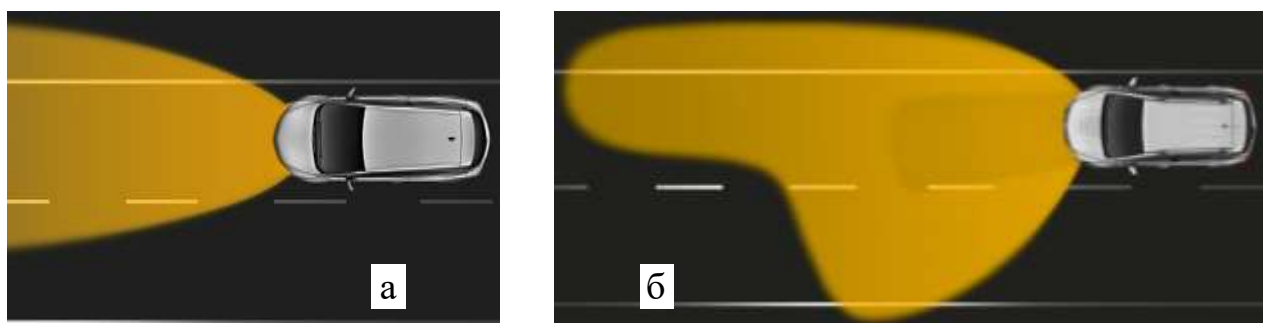


Рис. 6.2. Системи розподілу світлових потоків головних фар:

а – американська; б – європейська

Завдяки цьому, пучок ближнього світла, що використовується при зустрічному роз'їзді, спрямований переважно на праву сторону дорожнього полотна. У фарах європейської системи світлорозподілу (рис. 6.2, б) нитка розжарення ближнього світла розташована попереду фокуса трохи вище оптичної осі і паралельно їй; під ниткою розташований екран. Фари з асиметричною євро-

пейською системою розподілу ближнього світла створюють світловий пучок, який має яскраво виражений асиметричний характер і різку світлотіньову межу

У якості джерела світла в приладах СОС традиційно використовуються ниткові лампи розжарювання різного типу, конструкції і потужності (рис. 6.3).

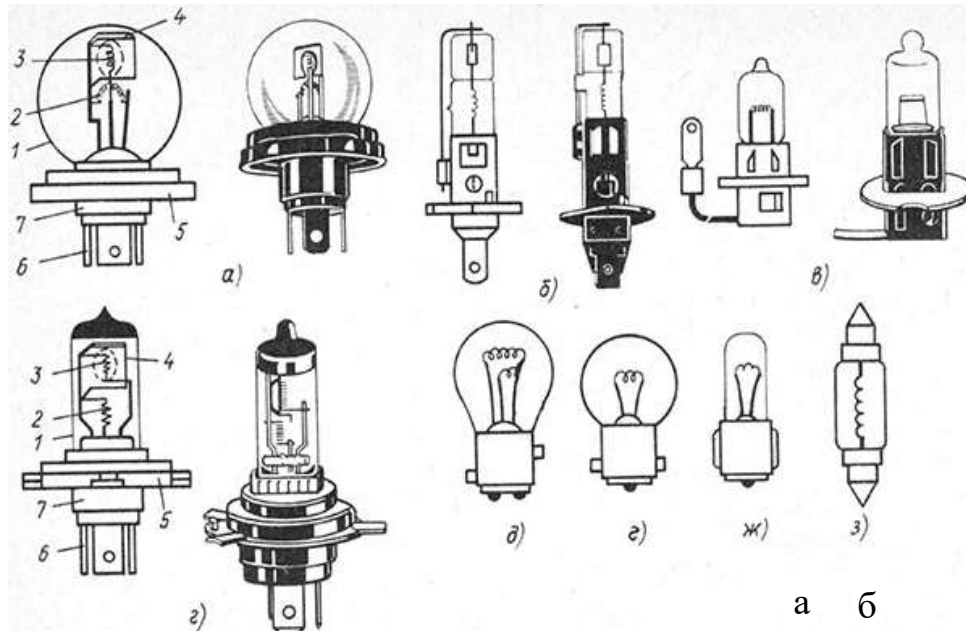


Рис. 6.3. Автомобільні лампи розжарювання:

- а – фар головного освітлення з європейською асиметричною системою світло-розподілу;
 б – галогенна категорія Н1, в – галогенна категорія Н3; г – галогенна категорія Н4;
 д – двониткова штифтова; е – одностиктова штифтова; ж – пальчикова; з – софїтна; 1 – колба;
 2 – нитка далекого світла; 3 – нитка ближнього світла; 4 – екран; 5 – фокусуючий фланець;
 6 – висновки; 7 – цоколь.

Галогенова лампа – лампа розжарювання, в балон якої доданий буферний газ: пари галогенів (броду або йоду). Буферний газ підвищує термін служби лампи до 2000 – 4000 годин і дозволяє підвищити температуру спіралі. При цьому, робоча температура спіралі становить приблизно 3000 °К.

Корисний ефект досягається за рахунок того, що пари галогенів здатні з'єднуватися з частинками вольфраму, що випаровуються, а потім під дією високої температури розпадатися, повертаючи вольфрам на спіраль (галогенний цикл). Таким чином, використання галогенного циклу дозволяє поліпшити відразу два параметри лампи розжарювання – суттєво уповільнити випаровування спіралі (подовжити термін служби лампи) та помітно підвищити температуру (а, отже, і світловіддачу) спіралі. Крім того до переваг галогенок в порівнянні зі звичайними лампами розжарювання слід віднести:

- відмінну адаптацію до освітлювальних системам;
- стійкість до різких перепадів температур зовнішнього середовища;
- економічність електрики (понад 20 %);
- більш яскраве світло.

В сучасних освітлювальних приладах автомобіля у якості джерела світла використовуються ксенонові (газорозрядні) лампи, напівпровідникові світлодіоди та лазерні випромінювачі.

Ксенонова лампа є штучним газорозрядним приладом освітлення, у якому основним джерелом світлового потоку є не спіраль, а електронна дуга, що виникає між електродами 1 у скляній колбі 2 з газом – ксеноном (рис. 6.4, а).

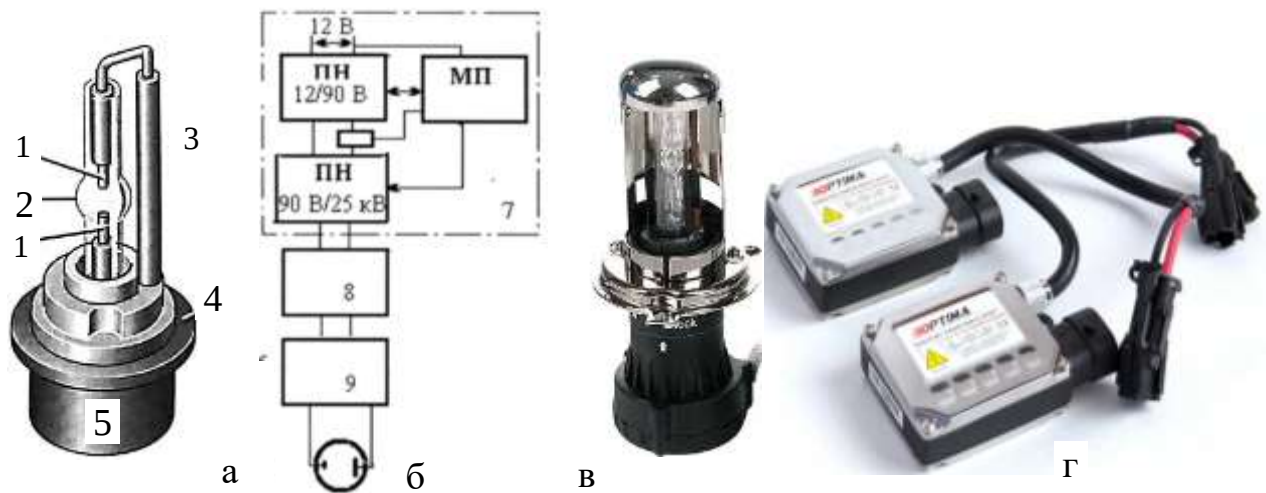


Рис. 6.4. Ксенонова лампа:

а – устрій; б – схема живлення структурна електрична; в – конструкція; г – пристрій запуску

Для того, щоб газ почав світитися, потрібна висока потужність енергії для його іонізації. Початкова іонізація забезпечується ЕБК 5, який розташований за підложкою 4 та спеціальним пусковим пристроєм до складу якого входить накопичувальний конденсатор 8 та трансформатор, що підвищує напругу 9 (рис. 6.4, б). Електронний блок складається з двох перетворювачів напруги ПН та мікропроцесорного пристрою МП, що керує. Високовольтний короткочасний імпульс, підведений на електрод через високовольтний діод 3, утворює перші іони газу. В результаті, електричний струм починає проходити через газ, від чого збуджуються атоми ксенону. Це спонукає електрони переходити на орбіти, що мають більш високу енергію. *Переваги ксенонових ламп:*

- підвищені параметри світловіддачі та яскравості (в кілька разів більше, порівняно з галогенними лампами);
- тривалий термін служби забезпечується відсутністю нитки накаливання, на відміну від звичайних ламп або галогенних моделей (до 200 тисяч кілометрів пробігу);
- невелика витрата електричної енергії (потужність не більше 30 Вт), що дозволяє продовжити термін служби АКБ;
- природний колір світлового потоку автомобільних фар (біле світло, що підвищує безпеку руху у темний час);
- підвищені показники ККД (холодне світло, незначне нагрівання приладів освітлення);

- зменшені експлуатаційні витрати (економія на ремонті та заміні ламп).

Недоліками ксенонових ламп є їх відносно висока вартість та вибухова небезпечність.

Світлодіод (англ. LED – light-emitting diode) – твердо-кристалеві напівпровідникові прилади з одним *p-n* переходом, що випромінює некогерентне світло, при пропусканні через нього електричного струму (ефект, відомий як електrolюмінесценція). Випромінюване світло традиційних світлодіодів лежить у вузькій ділянці спектра, а його колір залежить від хімічного складу використаного у світлодіоді напівпровідника. Сучасні світлодіоди можуть випромінювати світло від інфрачервоної ділянки спектра до близької до ультрафіолету. Існують методи розширення смуги випромінювання і створення білих світлодіодів. На відміну від ламп розжарювання, які випромінюють світловий потік широкого спектра, рівномірно у всіх напрямках, звичайні світлодіоди випромінюють світло певної довжини хвилі і в певному напрямі. Світлодіоди були удосконалені до лазерних діодів, які працюють на тому ж принципі, але можуть спрямовувати випромінювання когерентного світла.

Переваги світлодіодних ламп для автомобіля:

- довгий термін служби (50000 год, галоген – 500 год, ксенон – 2500 год);
- низьке енергоспоживання (30 Вт; галоген – 55 Вт, ксенон – 35 Вт);
- можливість створення адаптивних фар, що у галогенних ламп неможливо в принципі, а у ксенону виходить дорого і складно;
- миттєво спалахують на відміну від ксенонових ламп;
- світло за спектром близьке до природного.

Поряд з цим є і *недоліки*:

- порівняно дорогі;
- необслуговувані фари, замінюється в зборі цілком;
- складна конструкція фари, яка потребує додаткового охолодження;
- без системи керування світять слабо (гірше ніж галогенні).
- чутливі до перепадів бортового напруги, тому їх живлять через спеціальні блоки.

Лазерний промінь когерентний та монохромний. Це означає, що він має постійну довжину хвилі та однакову різницю фаз. У чистому вигляді він являє собою точковий пучок світла, який у 1000 разів інтенсивніший за світлодіодне світло. Лазерний промінь дає потік світла потужністю 170 люменів, проти 100 люменів від світлодіодів.

Спочатку промінь має блакитний колір. Щоб отримати яскраве біле світло, воно проходить через спеціальне люмінофорне покриття. Воно розсіює спрямований лазерний пучок, утворюючи потужний світловий потік. Лазерні джерела світла не тільки потужніші, а й удвічі економічніші за світлодіодні.

Фари з лазерними приладами завдяки значній питомій потужності набагато менші і компактніші за звичні конструкції. Далеке світло діє до 600 метрів. Інші ж варіанти ксенонових, діодних або галогенних фар показують дальність не більше 300 метрів, а в середньому 200 метрів. Потік, що випроміню-

ється, не засліплює інших водіїв. Крім того, таке освітлення можна назвати «розумним» світлом. Лазерна фара аналізує дорожню ситуацію, підсвічуючи ті області, які необхідні. До переваг лазерних фар слід віднести:

- потужне світло, яке не напружує очі і не викликає їх втоми;
- освітлення набагато сильніше, ніж, наприклад, світлодіодного чи галогенного. Довжина – до 600 метрів;
- не засліплює зустрічних водіїв, підсвічуючи заданий сектор;
- споживають у два рази менше енергії;
- компактний розмір.

Головним мінусом лазерних випромінювачів є висока вартість приладу та експлуатаційні витрати на обслуговування та налаштування.

6.2. Устрій фар головного освітлення

Оптична система фари komponується з освітлювача (джерела світла), відбивача, розсіювача. На сьогодні, експлуатуються автомобілі з фарами різної конструкції та принципу будови (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Типи компоновки головних фар:

а – рифлені; б – модульні; в – кришталеві; г – рефлекторні; д – лінзові; е, ж – матричні; з – комбіновані; и – лазерні

На сучасних автомобілях, зазвичай використовуються передні блок фари комбінованої структури, які відрізняються набором функцій і принципом будови використаних випромінювачів.

Оптичні системи головних фар будуються по різному, залежно від структурних складових (рис. 6.6).

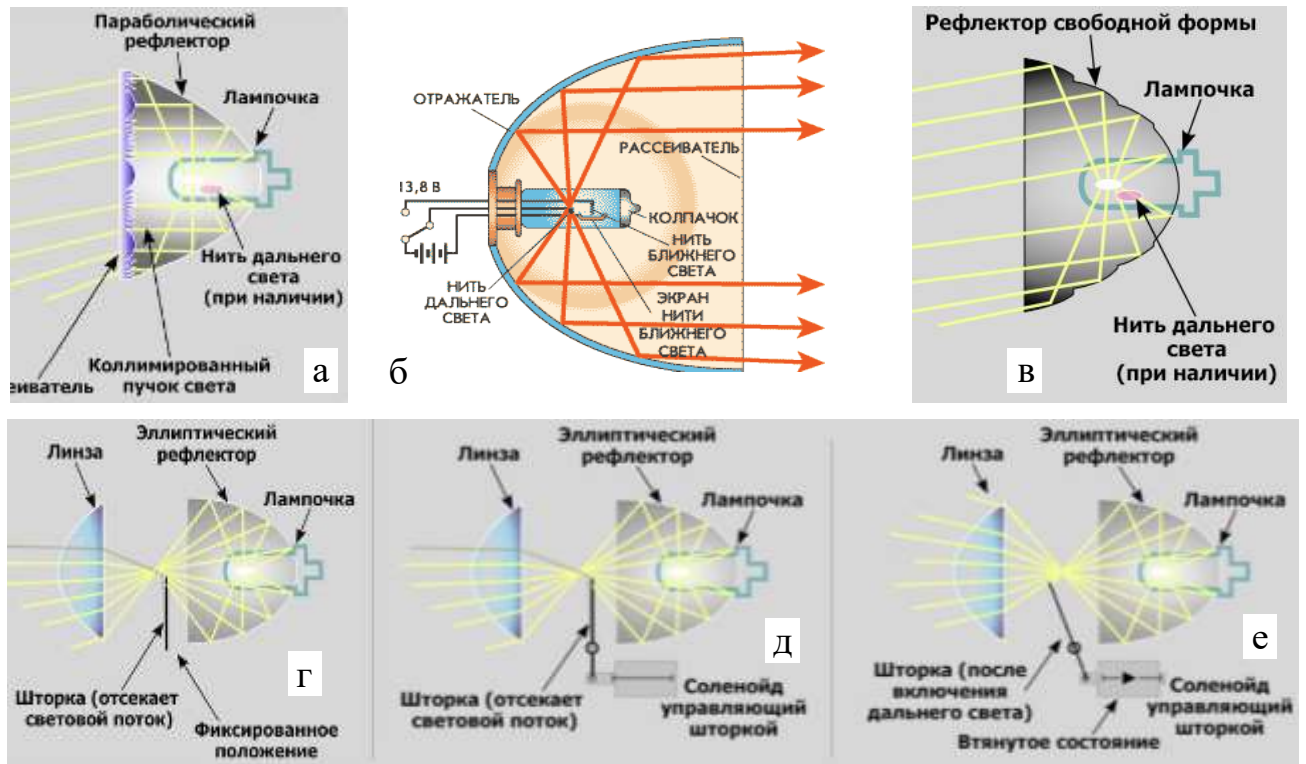


Рис. 6.6. Схеми оптичних систем головних фар:

а – з формуючим розсіювачем; б – дальнє світло; в – з формуючим відбивачем; г – ксенон;
д – біксенон дальній; е – біксенон ближній

Підбір ксенонових ламп залежить від конструктивних особливостей фар автомобіля або приладу освітлення. Якщо, для фар передбачені лампи з однією ниткою розжарювання, то підійдуть звичайні газорозрядні лампи. Якщо в фарах застосовувалися двониткові лампи, доведеться ставити біксенонові лампи. Вони мають у своїй конструкції металеву електромагнітну шторку, яка закриває частину скляної колби, щоб забезпечувати перемикання світла з далекого на ближній, і навпаки. При встановленні ксенонових ламп на автомобіль часто доводиться змінювати рефлектори фар. Звичайний рефлектор розсіює світло, а для нормальної роботи ксенону, світло потрібно фокусувати. Якщо рефлектори не замінити, то буде відбуватися засліплення зустрічних водіїв.

Матричні світлодіодні фари відрізняються за кількістю функцій та в загальному випадку поєднують у собі: блок керування, повітропровід з вентилятором охолодження, дизайнерське обрамлення, модуль габаритних вогнів, денних вогнів і покажчика повороту, і модуль ближнього та дальнього світла фар (див. рис. 6.5, е). Головна особливість матричної фари – використання світлодіодів. У ній немає ні ксенонових, ні галогенових ламп. На світлодіодах працює і далеке, і ближнє світло, і покажчики поворотів. Розглянемо приклад.

Модуль далекого світла фар складається з двадцяти п'яти світлодіодів, які об'єднані в групи по п'ять штук, що утворюють матрицю (див. рис. 6.5, ж). Кожна група має свій металевий радіатор для охолодження і свій відбивач. Завдяки матриці, зі світлодіодів реалізується близько мільярда різних комбінацій

розподілу світла.

Модуль ближнього світла фар розташований над моделлю далекого світла та складається зі світлодіодів, які розділені на кілька груп. У нижній частині фари розташований модуль покажчика повороту, габаритних вогнів та денних ходових вогнів, який загалом складається з тридцяти світлодіодів.

Лазерні фари – це складна система з електронним керуванням, що створює потужний лазерний промінь. Система включається на швидкості понад 60 км/год, коли автомобіль рухається поза межами міста. У місті працює звичайне освітлення.

Основою оптики, що серійно випускається, є люмінофорна пластина. Цей матеріал має здатність випромінювати потужний пучок білого світла з хвилями однакової довжини та амплітуди. Якщо брати до уваги технологію BMW, то флуоресцентним розсіювальним матеріалом виступає кубічний елемент, заповнений жовтим фосфором. Блакитний промінь проходить через елемент та виходить яскраве випромінювання білого світла. Жовтий фосфор утворює світло з температурою 5500 °К, що максимально наближено до звичного денного світла. Таке висвітлення не напружує очі. Спеціальний відбивач концентрує до 99,95% світлового потоку у потрібному місці перед автомобілем. Деталізована конструкція комбінованої фари з лазерним випромінювачем показана рис. 6.7.

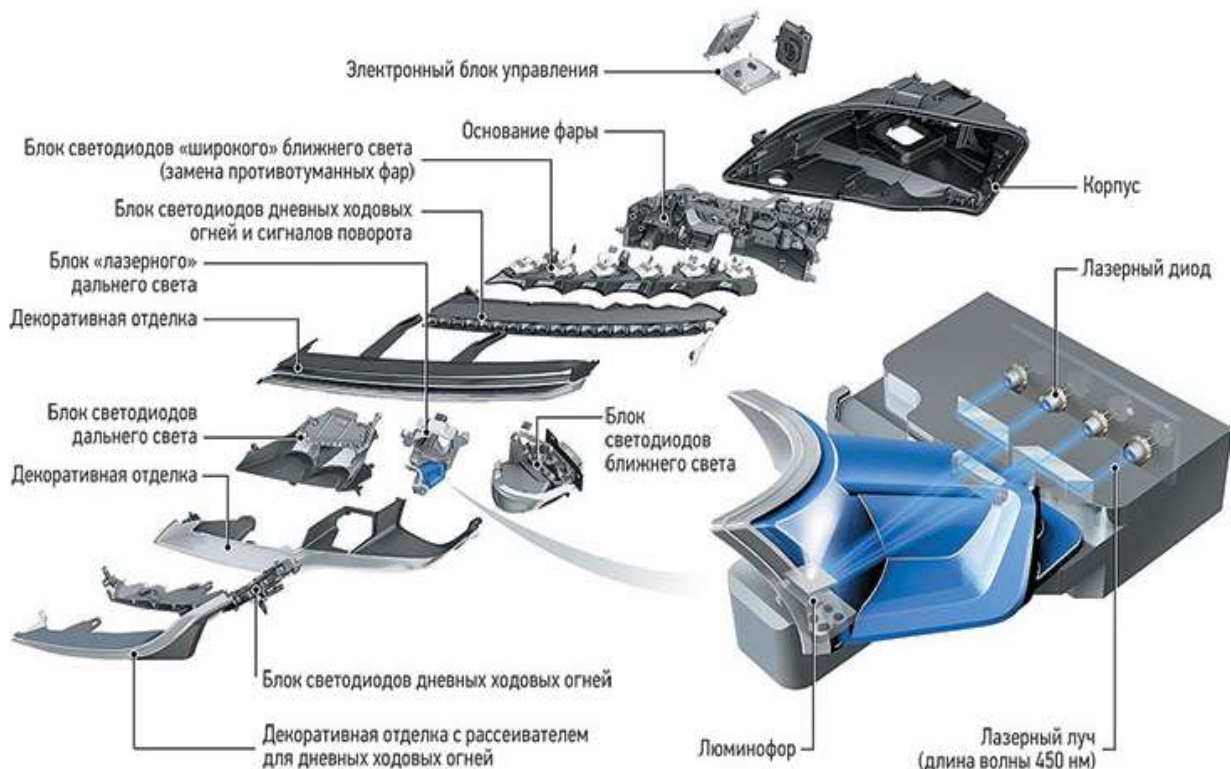


Рис. 6.7 Конструкція комбінованої фари з лазерним випромінювачем

У цій розробці лазер виступає лише як джерело енергії. Сам вузол складається з набору лазерів, що випромінюється енергія, з яких через систему дзеркал фокусується і потрапляє на ту саму люмінофорну пластину. Вона є безпо-

середнім джерелом світла, що використовується для освітлення дорожньої обстановки.

Активні фари з електричними приводами – застосовуються для реалізації систем керування світловими потоками головних фар дальнього освітлення, побудованих на базі галогенових або ксенонових ламп. Такі фари споряджені актуаторами для реалізації керуючих впливів (рис. 6.8).

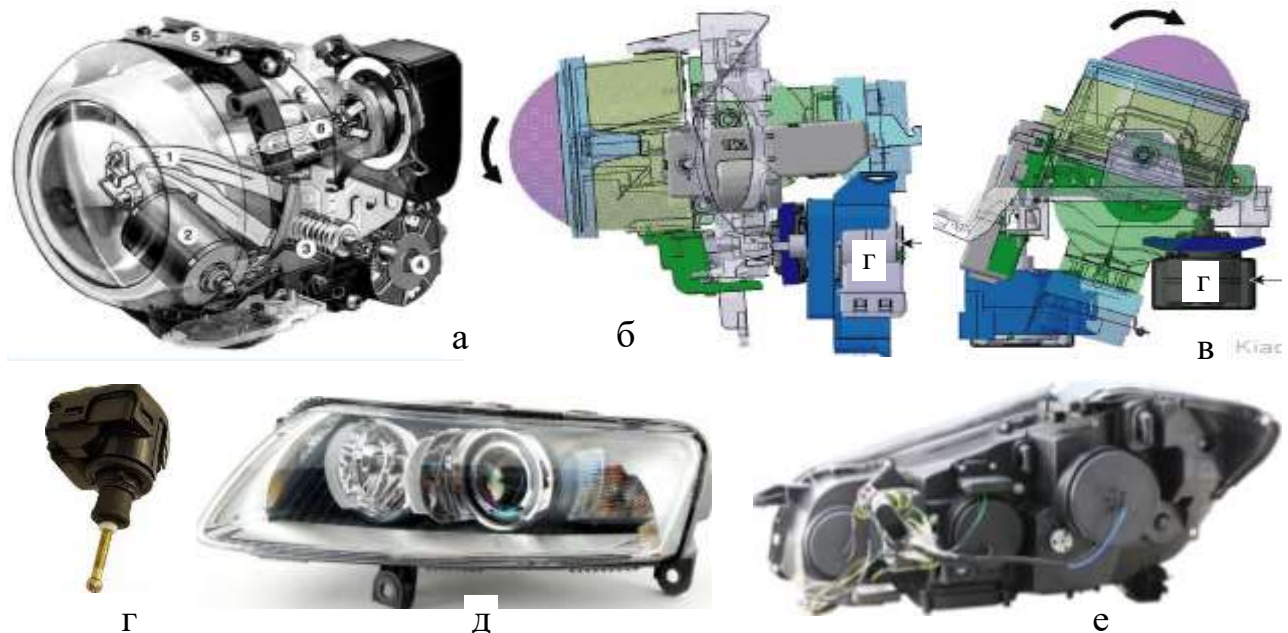


Рис. 6.8. Конструкції активних фар з приводами:

а – з поворотом оптичного елемента; б, в – з поворотом корпусу фари у вертикальній та горизонтальній площині; г – актуатор; д, е – зовнішній вигляд

У фарах з біксноновими лампами (рис. 6.8, а) оптичний елемент ближнього/дальнього світла 1 (по вертикалі) керується електромагнітним актуатором 2, а горизонтальне положення рефлектору (відбивача) 5 з лампою 6, коректується через черв'ячний редуктор 3 за допомогою електродвигуна 4. В головних фарах традиційної конструкції (рис. 6.8, б, в) і блоках з автономними модулями фар (рис. 6.8, д, е) використовуються уніфіковані актуатори лінійного переміщення на базі крокового двигуна (рис. 6.8, г).

Лекція №16 (2 години)

Тема 6. Системи освітлення та сигналізації

6.3. Системи керування світловими потоками.

6.4. Функціонування системи сигналізації.

6.3. Системи керування світловими потоками

Системи керування світловими потоками вирішують декілька задач корекції та адаптації:

- положення у вертикальній площині залежно від посадки кузова;

- положення у горизонтальній площині під час маневрування;
- положення у вертикальній площині залежно від профілю дороги;
- розподілу світлового пучка залежно від швидкості руху;
- структури світлового пучка залежно від дорожньої ситуації;
- положення світлового пучка сили та спектру світла залежно від умов руху.

1. Для керування положенням активних фар у вертикальній площині залежно від посадки кузова аналізується інформація з датчиків положення кузова (кліренсу, дорожнього просвіту, загрузки автомобіля), які використовуються в системах активних підвісок (рис. 6.9).

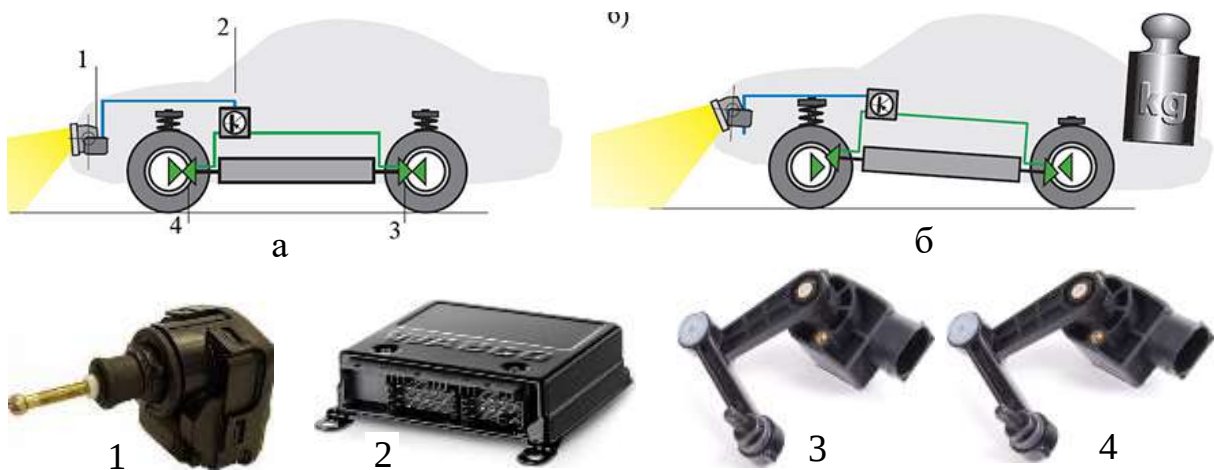


Рис. 6.9. Система вертикальної корекції:

а – ненавантажений; б – навантажений; 1 – серводвигун автоматичного нахилу фар; 2 – ЕБК;
3, 4 – сенсори загрузки

Сенсори загрузки бувають контактні (потенціометричні) або безконтактні (обертаючі трансформатори) та встановлюються між мостами та кузовом автомобіля.

2. Для керування положенням фар у горизонтальній площині під час маневрування аналізується інформація з датчиків:

- повороту рульового колеса;
- швидкості руху автомобіля (або обертання колеса);
- положення автомобіля відносно вертикальної осі (кута рискання);
- увімкнення склоочисників.

Слід зазначити, що в системі адаптивного освітлення використовують виключно біксенонові фари. Поворот фар здійснюється кроковими двигунами з малою дискретністю. Блок-фара здатна повертатися на максимальний кут 15° . При цьому, кути повороту кожної фари будуть різними (рис. 6.10).

Така різниця потрібна для того, щоб запобігти засліпленню водіїв, які знаходяться на дорозі, на яку ви повертаєте. Також, передбачено різні режими роботи адаптивних фар (ближній/далекій).

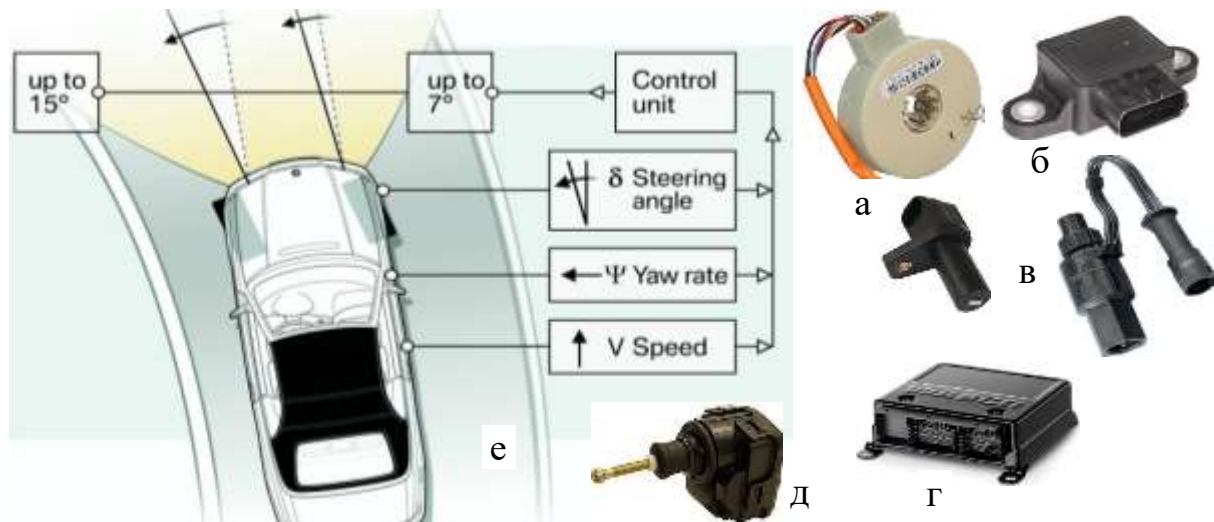


Рис. 6.10. Система керування поворотом світлових потоків:

а – датчик кута повороту рульового колеса; б – датчик прискорення по куту ристання;
в – датчик швидкості руху; г – ЕБК; д – актуатор; е – схема функціональна

Характерно те, що система адаптивного освітлення розпізнає підрулювання, при якому фари не повертаються. Однак, якщо кут повороту рульового колеса суттєвий і тривалість повороту значна, реакція актуаторів на поворот фари реалізується оптимальним чином. Також слід зазначити, що залежно від умов маневру, кут повороту фар буде різним, отже, і зона освітлення також.

3. Для забезпечення двох-координатного (вертикального та горизонтального) керування положенням фар головного освітлення під час руху автомобіля використовують активні фари з двома актуаторами (рис. 6.11).

Для реалізації функцій такої системи необхідна інформація з переліку датчиків, які застосовані в попередніх двох системах (див. рис. 6.9 і 6.10). Прикладами таких систем адаптивного освітлення, які функціонують в автоматичному режимі є системи промислових зразків AFS і AFL.

Система розширеного переднього освітлення AFS (Advanced Frontlighting System) для корекції положення світлових пучків, передбачає застосування активних фар, з поворотом оптичного елемента (див. рис. 6.8, а).

Система адаптивного переднього освітлення AFL (Adaptive Front-Lighting System) на відзнаку від AFS використовує додаткову пару активних фар з поворотом корпусу (див. рис. 6.8, б).

Активація цих фар відбувається тільки після різкого повороту рульового колеса. активні фари оснащені досить потужними лампочками, тому навіть при роздільному (з нерухомою фарою) включенні, справляються з поставленим завданням. По суті, таке компонування поєднує в собі статичне бічне світло з функцією динамічного керування основними фарами. На складних і нерівних ділянках дороги і у вузьких провулках така система дає безліч переваг. Під час руху магістралями на крутих віражах основні фари системи AFL повертаються на великий кут, значення якого залежить від швидкості руху автомобіля.

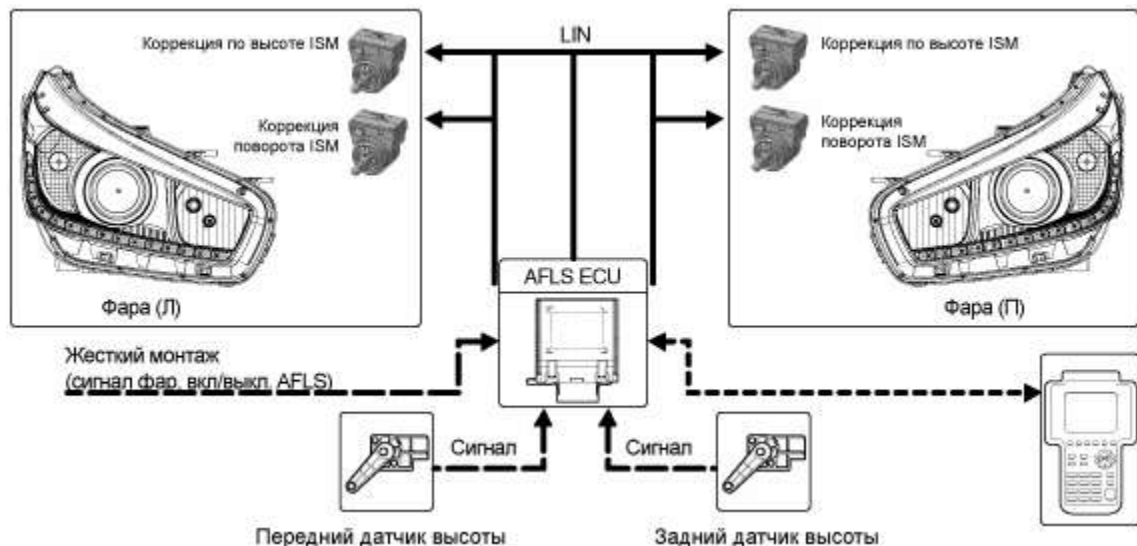


Рис. 6.11. Система двохкоординної корекції світлового потоку

Як і сучасні системи, AFL повертає правий і лівий світловий пучок на різний кут, тим самим розширюючи діапазон світлового сектора (рис. 6.12).



Рис. 6.12. Розподіл світлового потоку адаптивною системою AFL

Керування процесом здійснює контролер, який аналізує інформацію, що надходить від датчиків швидкості та датчиків повороту керма. Під час проїзду перехрест'я і вузьких ділянок на малих швидкостях активується додаткова бічна фара, яка реагує на включений показник повороту та поворот керма. Підсвічування вмикається миттєво на момент початку здійснення повороту.

4. В системах адаптації положення фар до профілю дороги за допомогою активних фар вертикального відхилення, використовується інформація з датчика нахилу автомобіля до горизонту (рис. 6.13).

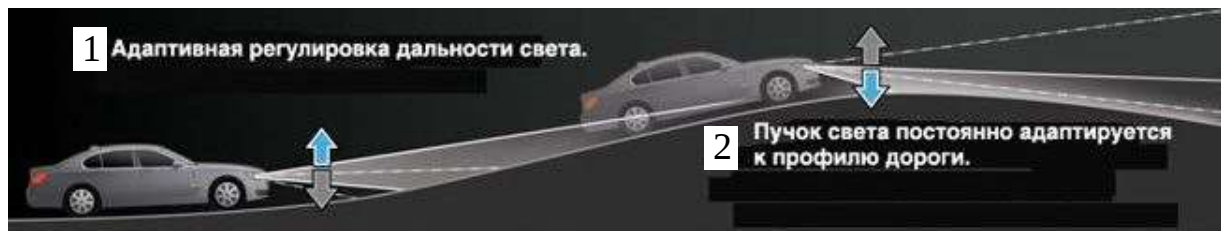


Рис. 6.13. Вертикальна адоптація світлового потоку

Оскільки корекцію положення фар потрібно призводити тільки на моменти долаття перепадів профілю, у якості інформаційного використовується датчик повздовжнього прискорення системи динамічної стійкості або адаптивної підвіски.

5. В системі *розподілу світлового пучка залежно від швидкості руху* автомобіля використовуються активні фари і датчик швидкості руху автомобіля спеціального призначення або датчики кутової швидкості обертання коліс системи ABS «Д». Керування розподілом світлових пучків може відбуватися в напівавтоматичному або автоматичному режимі, забезпечуючи декілька характерних світлових зон, за допомогою актуаторів «А» (рис. 6.14).

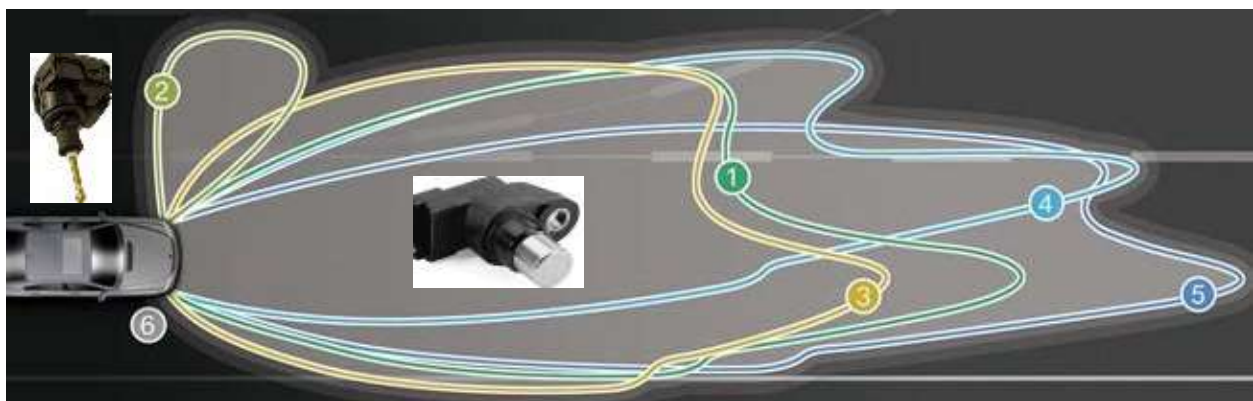


Рис. 6.14. Розподіл світлового потоку:

1 – рух по місту (0 – 50 км/год); 2 – освітлення поворотів (0 – 70 км/год); 3 – протитуманне світло (0 – 110 км/год); 4 – динамічне освітлення поворотів (0 – 250 км/год); 5 – магістральне світло (110 – 250 км/год); 6 – система керування

В подальшому передбачається розробка систем адаптивного освітлення нового покоління із застосуванням додаткових датчиків та засобів телеметрії, які дозволять реалізувати адаптивне (безперервне) керування розподілом світлового пучка в межах окремих зон освітлення:

- в магістральному режимі задіюються всі джерела світла фар, забезпечуючи найдовшу зону освітлення з максимальною потужністю випромінюючих пристроїв;
- в умовах заміського шосе (з зовнішнім освітленням) використовується зона ближнього світла;
- в міських умовах використовується світло меншої потужності, проте з ширшою світловою плямою;

- в умовах поганої видимості (погоди) застосовується вдосконалений режим протитуманного освітлення.

6. Для змінення структури світлового пучка залежно від дорожньої ситуації використовуються матричні фари. Як вже помічалось, матрична фара є блок-фарою, що включає групу лінз і світлодіодів, які розподілені особливим чином так, щоб кожен з джерел світла перекривав світлом строго певну зону перед автомобілем. Таким чином, запалюючи або відключаючи окремі елементи фари, електроніка може освітлювати або затемняти ділянки перед машиною, як би вирізаючи зустрічні або попутні машини (рис. 6.15).



Рис. 6.15. Система адаптації до дорожньої ситуації:
а – телеметричні засоби ідентифікації; б – реалізація керуючого впливу

За рахунок застосування подібної технології стало можливим відмовитися від самого поняття «далекого світла», зробивши пучок світла максимально потужним і вичленюючи з нього машини, водіїв яких могло би засліпити звичайне дальнє світло. Для керування ефективністю освітлення матричної фари використовується бортовий комп'ютер. При цьому, задіюються датчики різного призначення (рис. 6.16).



Рис. 6.16. Датчики системи адаптивного освітлення комбінованої структури:
а – кута і швидкості повороту рульового колеса; б – прискорення по куту рискання; в – дощу і світла; г – відеокамера

Датчик кута повороту кермового колеса використовується для розуміння системою напрямку руху, датчик поздовжнього напрямку – для аналізу дороги. Як допоміжні пристрої використовується датчик дощу і світла, який дозволяє оцінювати інтенсивність освітлення і наявність опадів (фари займають положення, що мінімізує ефект розсіяного випромінювання мокрого асфальту).

На основі отриманих даних керуючий блок сам приймає рішення, як краще висвітлити дорогу. Наприклад, при повороті, більше світла прямує у бік повороту, а при виявленні людини, яка йде попереду, вона висвітлюється силь-

ніше і стає помітнішою.

Відеокамера фіксує зустрічні автомобілі по світлу фар і підстроює освітлення таким чином, щоб воно не било в очі водіям, але інші зони висвітлюються, як і раніше, яскраво. Якщо, використовується бортова навігаційна система, то йдуть і дані про місцевість – рельєф, траса або населений пункт, і багато іншого. У матричних фарах немає поворотних елементів, а групи світлодіодів заздалегідь розташовані оптимальним чином. Рівень світла у будь-якій зоні перед автомобілем змінюється за допомогою зміни яскравості певної світлодіодної групи. Це дозволяє, наприклад, яскраво освітлювати дорогу, не засліплюючи водія зустрічного автомобіля.

7. Для корекції положення світлового пучка та адаптації спектру світла залежно від умов руху використовується інформація з датчика дощу і зустрічного світла, який встановлюється на лобовому склі (рис. 6.17).

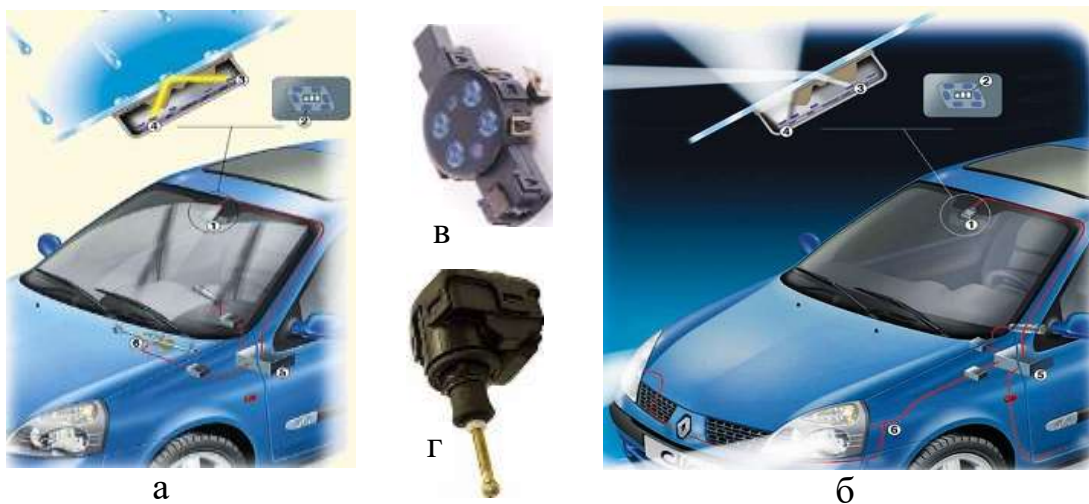


Рис. 6.17. Система корекції положення фар: із застосуванням оригінальних датчиків:

а – реакція на дощ; б – реакція на зустрічне світло; в – конструкція датчика;
г – конструкція актуатора фари

Якщо, датчик виявляє джерело зустрічного яскравого світла, комп'ютер дає команду знизити яскравість фар і повернути їх на певний кут. Джерелом яскравого світла, найчастіше, є зустрічний автомобіль. Після зникнення зустрічного світла, фари автоматично повертаються до положення оптимального освітлення дорожнього полотна без дії зустрічних дестабілізуючих факторів.

У поганих погодних умовах відбувається те ж саме, система контролює вмикання «двірників» та опускає фари на певний кут, щоб забезпечити ефективне освітлення, як для анти-туманних фар. Якщо, використовуються матричні фари, вмикаються світлодіоди жовтого (туманного) спектру. Адаптивність таких систем реалізується в автоматичному режимі.

Принцип дії датчика дощу і зустрічного світла будується на ефекті оптичних перетворень світлового потоку в світловому каналі оптопари (світлодіоду і фото-транзистору) на межі оптичного елементу. При цьому, залежно від де-

стабілізуючих умов руху автомобіля змінюється оптична проникливість та спектр оптичної трансляції через оптичний елемент. В наслідок цього, коректується положення світлового пучка та сили і спектру світла випромінювачів.

6.4. Функціонування системи сигналізації

Система автомобільної сигналізації включає прилади світлової сигналізації поворотів та аварійного стану (див. рис. 6.1, г), звукової сигналізації попередження пішоходів та охоронної сигналізації несанкціонованого доступу до автомобіля. Схема включення показчиків повороту з аварійною сигналізацією показана на рисунку 6.18.

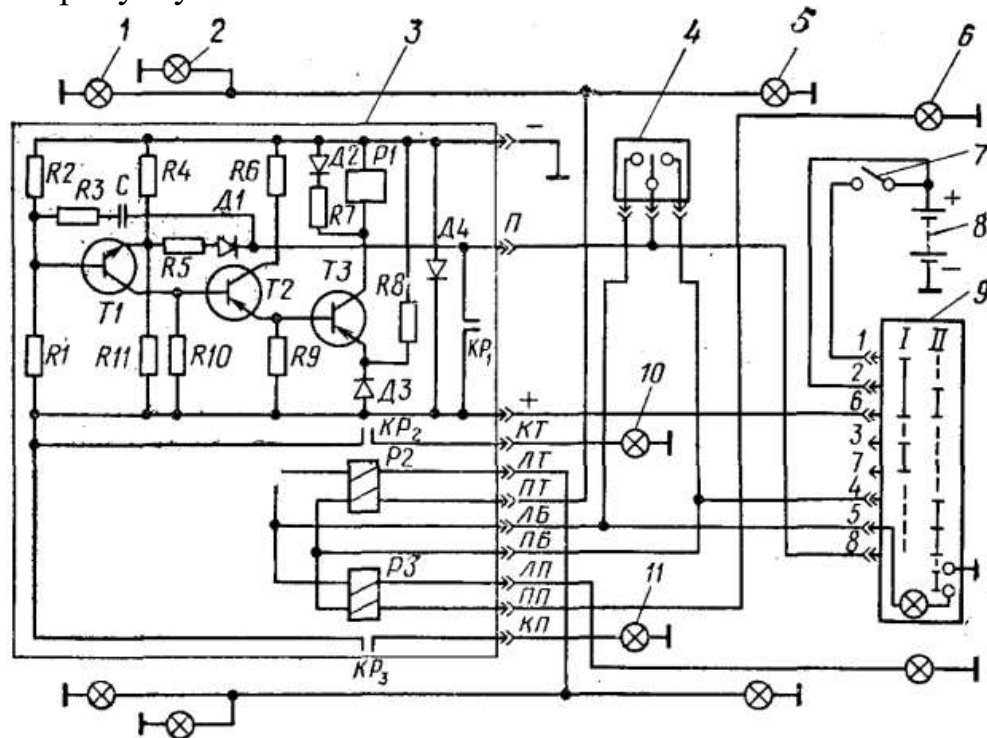


Рис. 6.18. Принципова схема сигналізатора повороту з РС951:

1, 5 — лампи правого борта тягача; 2 — лампа бічного повторювача права; 3 — переривач показчиків повороту; 4 — перемикач; 6 — лампа правого борта причепа; 7 — вимикач приладів; 8 — акумуляторна батарея; 9 — вимикач аварійної сигналізації; 10 — контрольна лампа показчика повороту тягача; Л — контрольна лампа показчика повороту причепа; P1, P2, P3 — обмотки реле; KP1, KP2, KP3 — контакти реле

Включення відповідних ламп показчика повороту здійснюється перемикачем 4, а включення аварійної сигналізації вимикачем 9. Одержання миготливого світла ламп показчика повороту досягається за рахунок контактнотранзисторного переривача 3 типу РС951.

Схема переривача являє собою електронний генератор прямокутних імпульсів струму з електромагнітними реле. Переривач складається з транзисторів T1, T2, T3, діодів Д1-Д4, реле P1, P2, P3, конденсатора C і резисторів R1—R11. Усі деталі переривача змонтовані на спільній панелі і розташовані в пластмасовому корпусі. Підключення переривача до бортової мережі автомобіля здійснюється за допомогою штепсельного рознімання.

Для переключення показчиків повороту в режим аварійної сигналізації необхідно вимикач 9 установити в положення 11. При цьому, переривач 3, лампи правого і лівого бортів тягача і причепа, а також контрольна лампа у вимикачі 9 підключаються до акумуляторної батареї, минаючи вимикач приладів 7 і перемикач 4. Тому при роботі переривача показчиків повороту будуть мигати всі лампи, сигналізуючи про аварійний стан автомобіля.

Звукові сигнали (клаксони) на автомобілях призначені для безпеки руху. За принципом будови розрізняють електричні вібраційні та електропневматичні сигнальні прилади, а за характером звучання – шумові і тональні. Звуковий тиск таких приладів нормується в діапазоні 85...125 дБ, а частота тональності – 80...200 Гц. Найбільш поширені електричні вібраційні сигнали споживають порівняно малу потужність (40 ... 60 Вт).

Електричні вібраційні звукові сигнали являють електромагнітне реле, у якого на якорі магнітної системи 7 закріплений дифузор 4, що випромінює звукові коливання (рис. 6.19).

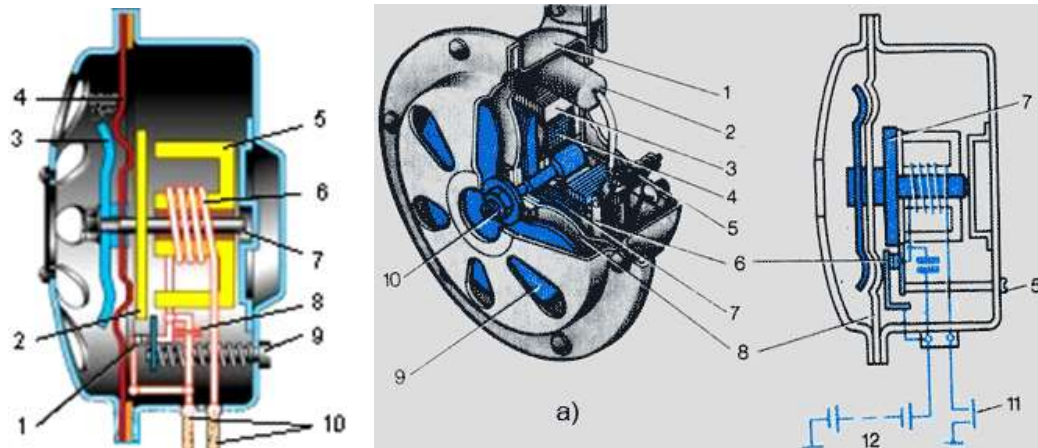


Рис. 6.19. Устрій вібраційного звукового сигналу:

- 1 – контакти переривача; 2 – рухомий магнітопровід (диск); 3 — притискна тарілка;
- 4 — дифузор; 5 – нерухомий магнітопровід; 6 — котушка (обмотка); 7 — якір;
- 8 — конденсатор; 9 — гвинт регулювання; 10 – виводи підключення

При підключенні живлення до обмотки 6 (натиснення кнопки сигналу), якір 7 з диском 2 втягуються у тіло котушки, прогинаючи дифузор 4. При цьому, відбувається розмикання контактів 1 під дією диска 2. Струм через обмотку припиняється і пружний дифузор повертається разом з диском в початковий стан, знову замикаючи контакти. Далі процес повторюється у вібраційному режимі аж доки живлення котушки не від'єднають по зовнішньому колу (відпустять кнопку сигналу). В результаті вібраційних коливань дифузора, утворюється звук певного тону.

Шумові сигнали мають спрощену конструкцію, без рупору та настроєні на один музичний тон (частота 200...400 Гц). Тональні сигнали вібраційного типу зазвичай являють собою комплекти з двох або більше сигналів, налаштованих кожен на певний тон.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АКБ – акумуляторна батарея;
 АКП – автоматична коробка передач;
 АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;
 АТЗ – автотранспортні засоби;
 ВГ – відпрацьовані гази;
 ДАТ – датчик атмосферного тиску;
 ДЗ – дросельна заслінка;
 ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння;
 ДД – датчик детонації;
 ДКК – датчик концентрації кисню;
 ДМВП – датчик масової витрати повітря;
 ДПДЗ – датчик положення дросельної заслінки;
 ДППА – датчик положення педалі акселератора;
 ДТОП – датчик температури оточуючого повітря;
 ДТОР – датчик температури охолоджуючої рідини;
 ДТПВ – датчик температури повітря на впуску;
 ДЧО – датчик частоти обертання;
 ДША – датчик швидкості автомобіля;
 ДХ – датчик Холла;
 ЕБК – електронний блок керування;
 ЕД – електродвигун;
 ЕК – електроклапан;
 ЕПХХ – економайзер примусового холостого ходу;
 КВ – колінчастий вал;
 КВП – контрольно-вимірювальні прилади;
 КЕД – кроковий електродвигун;
 ККД – коефіцієнт корисної дії;
 КС – комутатор струму;
 КТСЗ – контактно- транзисторна система запалювання;
 МРС – магніторушійна сила;
 МП – мікропроцесорний пристрій;
 ОЗ – обмотка збудження;
 ОС – обмотка статора;
 ПА – педаль акселератору;
 ППЗП – постійно програмований запам’ятовуючий пристрій;
 ПЗ – повітряна заслінка;
 ПНВТ – паливний насос високого тиску;
 ППС – паливно-повітряна суміш;
 СНЧЕ – схема нормування часу накопичення енергії;
 ТБМП – термобіметалева пластина;
 ХХ – холостий хід.