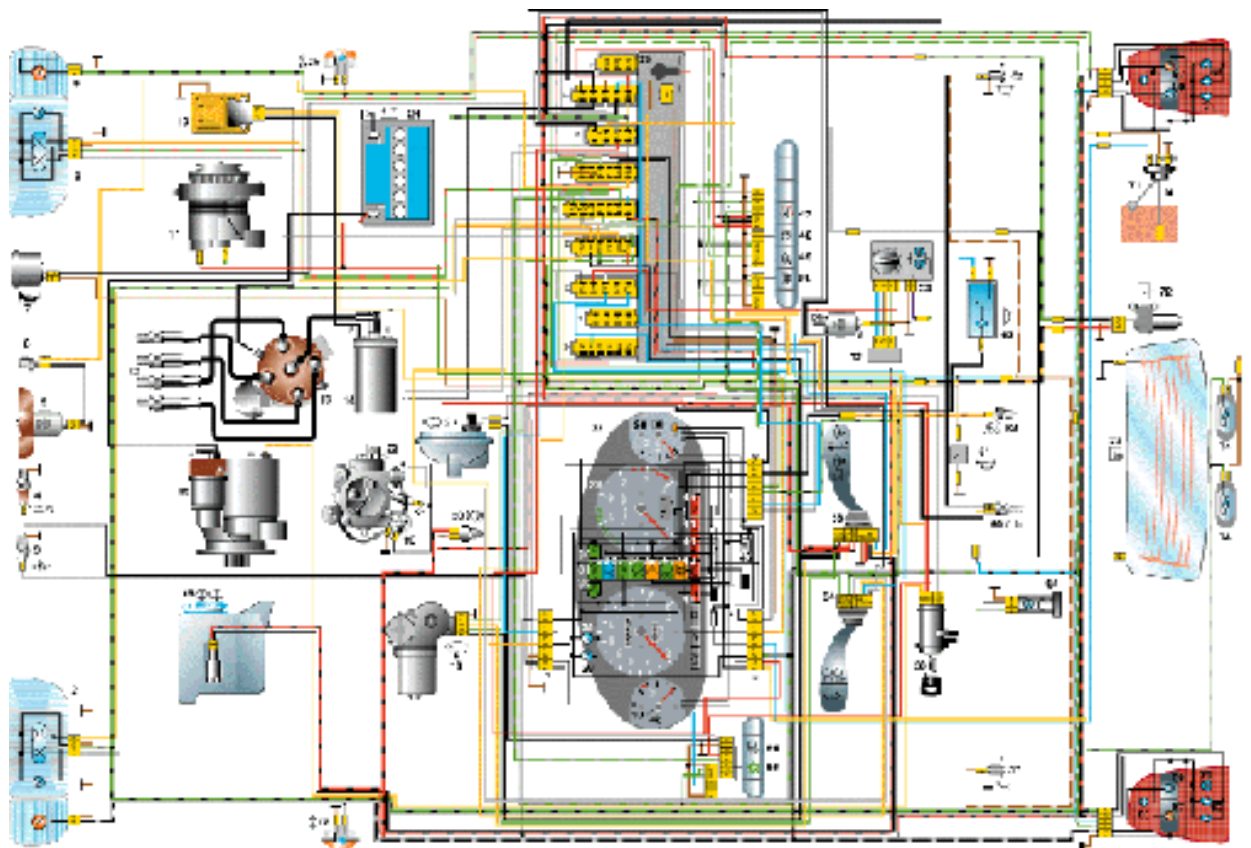


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДРОГОБИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

КОНСТРУКЦІЯ АВТОМОБІЛЯ:
лабораторний практикум

Частина II. Електрообладнання автомобіля



Рекомендовано до друку вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка
(протокол № 2 від 20 лютого 2025 р.)

Скварок Ю.Ю., Павловський Ю.В., Попович В.Д. Конструкція автомобіля: лабораторний практикум. Ч. II. Електрообладнання автомобіля. Дрогобич: Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2025. 52 с.

Навчально-методичний посібник укладено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Конструкція автомобіля» освітньої програми «Професійна освіта (Транспорт, обслуговування та ремонт автомобілів)», затвердженої вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Посібник містить методичні вказівки до виконання завдань лабораторних занять, тематика яких охоплює електрообладнання автомобіля. Наведені інструктивні матеріали до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та добре ілюстровані.

Призначений для студентів вищих навчальних закладів, які вивчають будову автомобілів.

Рецензенти:

Нищак Іван Дмитрович, доктор педагогічних наук, професор кафедри технологічної та професійної освіти Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка;

Малик Володимир Якович, кандидат технічних наук, доцент, викладач вищої категорії, викладач-методист Дрогобицького фахового коледжу нафти і газу

Відповідальний за випуск: Пагута Мирослав Вікторович – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри технологічної та професійної освіти Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

© Ю.Скварок, Ю.Павловський, В.Попович, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Загальні теоретичні відомості	5
Лабораторна робота № 6	
Вивчення будови та роботи акумуляторних батарей та генераторів	19
Лабораторна робота № 7	
Вивчення будови та роботи електричних стартерів	29
Лабораторна робота № 8	
Вивчення будови та роботи системи запалювання	35
Список використаних джерел	50
Додаток	51

ВСТУП

Навчально-методичний посібник містить 3 інструкції до лабораторних робіт, тематика яких охоплює системи запуску та запалювання автомобільних двигунів і джерела електричної енергії. У курсі «Конструкція автомобіля» розглядаються тільки системи електрообладнання, які безпосередньо пов'язані з роботою автомобільного двигуна. У повному обсязі електрообладнання автомобіля вивчається у курсі «Електричне та електронне обладнання автомобілів».

У результаті виконання лабораторних робіт студент:

- знає та описує, користуючись натурними зразками агрегатів і вузлів автомобіля, макетами, плакатами, будову акумуляторних батарей, автомобільних генераторів, регуляторів напруги, електричного стартера, вузлів системи запалювання (котушки запалювання, переривника-розподільника, свічок запалювання, регуляторів моменту запалювання);
- пояснює роботу джерел електричної енергії, системи електростартерного запуску двигуна, системи запалювання з використанням натурних зразків агрегатів і вузлів автомобіля, макетів, плакатів;
- аналізує вплив конструктивних факторів на показники роботи джерел електричної енергії, стартера, системи запалювання;
- порівнює та аналізує конструктивні схеми систем запуску та запалювання, визначає їх переваги та недоліки;
- класифікує системи та їх складові за призначенням, принципом роботи, конструктивним виконанням;
- розрізняє деталі, складальні одиниці, вузли за їх належністю до систем та агрегатів;
- складає принципові схеми систем, визначає взаємозв'язки між їх елементами;
- читає креслення складальних одиниць та вузлів, схеми та рисунки систем, агрегатів.

Наведені інструкції до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та добре ілюстровані. Кожна інструкція містить питання для самопідготовки та самоконтролю, послідовність виконання роботи, завдання до звіту, рекомендовану літературу.

Наведений в інструкціях теоретичний матеріал можна використати не тільки при підготовці до лабораторної роботи, але й при опрацюванні питань лекційних занять та при підготовці до написання контрольних робіт і складання екзаменів.

Звіт з лабораторної роботи повинен мати: тему; мету; виконані завдання для звіту (заповнені таблиці; виконані схеми систем, вузлів чи агрегатів з їх назвою та специфікацією; опис роботи системи, вузла, агрегату).

Виконання і захист лабораторної роботи оцінюється згідно з силабусом навчальної дисципліни.

У додатку до посібника наведені приклади завдань контрольної роботи №2 з навчальної дисципліни на тему «Електрообладнання автомобіля».

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ознаки класифікації систем електрообладнання автомобілів:

- характер струму (постійний, змінний);
- величина напруги (6 В, 12 В, 24 В,);
- кількість рівнів напруги (однорівневі, дворівневі).

Значення номінальної напруги споживачів електроенергії приймається із ряду 6, 12, 24, 36 В (визначається номінальною напругою акумуляторної батареї), а генераторів – 7, 14, 28, 42 В.

Складові системи електрообладнання:

- система електропостачання (джерела електричної енергії);
- система запуску;
- система запалювання;
- система освітлення, світлової та звукової сигналізації
- система комутації і проводки (перемикачі, вимикачі, кнопки керування, реле, запобіжники, вмикач запалювання, джгути провідників, роз'єми, у випадку мультиплексної проводки додаються інтелектуальні ключі, електронний блок керування, шини CAN-протоколу зв'язку, локальні модулі);
- система інформації і контролю параметрів автомобіля (контрольно-вимірні прилади);
- система електронної автоматики і керування двигуном, трансмісією, гальмами, підвіскою, рульовим керуванням, активна і пасивна безпека;
- система життєзабезпечення і комфорту.

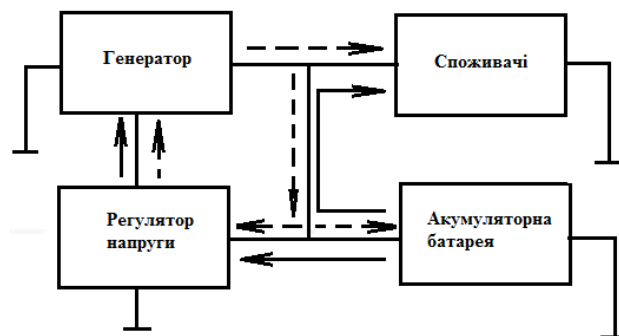


Рис. 1. Загальна схема системи електрообладнання автомобіля

1. Джерела електричної енергії

У якості джерел електричної енергії на автомобілях застосовують стартерні акумуляторні батареї та генератори змінного струму.

Акумуляторні батареї

Призначення: живлення споживачів електричної енергії при непрацюючому двигуні, при несправному генераторі та разом з генератором при ввімкненні великої кількості споживачів.

Загалом акумуляторні батареї поділяються на два типи:

- **пускові (стартерні)**, головне призначення яких - живлення стартера автомобільного двигуна під час його запуску. Такі батареї впродовж короткого часу можуть видавати великий пусковий струм, що забезпечує достатній

крутний момент на стартері для прокручування колінчастого вала і запуску двигуна.

– **тягові**, призначені для живлення ходових електричних двигунів (електромобілі чи інша техніка з електричними двигунами). Такі батареї не можуть видати струм величиною в сотні ампер, проте допускають глибокий розряд.

Залежно від хімічного складу електроліту акумуляторні батареї поділяються на **кислотні** та **лужні**. Усі кислотні акумуляторні батареї, в яких використовується рідкий електроліт, позначаються як WET-батареї (wet з англійської – мокрий).

Кислотні стартерні акумуляторні батареї залежно від хімічного складу матеріалу пластин і електроліту бувають таких типів [1]:

– **сурмянисті**, що відрізняється високим вмістом сурми (5% і більше) в матеріалі електродів. Сурма збільшує міцність пластин, однак сприяє процесу електролізу води при низьких напругах зарядного струму. Це вимагає систематичного технічного обслуговування батарей;

– **малосурмянисті** з вмістом сурми 2 - 4%, що не потребують частого технічного обслуговування;

– **кальцієві**, у яких в якості легуючого компоненту у матеріалі пластин використовують кальцій замість сурми. Це знижує саморозряд та зменшує можливість електролізу, що сприяє більшій довговічності. Проте такі батареї чутливі до перезаряду і різких стрибків напруги бортової мережі;

– **гібридні**, у яких позитивні пластини (анодні) виготовлені з малосурмянистого сплаву, а негативні (катодні) - з кальцієвого. Такі батареї поєднують позитивні якості двох типів батарей;

– **гелеві і AGM**. У гелевих батареях кислотний електроліт знаходиться у гелеподібному стані, що досягається за рахунок додавання в кислоту оксиду кремнію. Це виключає можливість витікання електроліту при пошкодженні корпусу чи перекиданні батареї.

AGM-батареї (англійською - Absorbed Glass Material) є удосконаленою версією гелевих батарей та створені спеціально для автомобілів із системами «старт-стоп» та рекуперації енергії гальмування. У цих батареях між позитивними та негативними пластинами встановлені пористі скловолокнисті мати (просякнуті гелевим електролітом), що запобігає осипанню активної маси пластин. Такі батареї чутливі до низьких температур і великого струму заряду;

– **EFB** (англійською Enhanced Flooded Battery) батареї займають проміжне місце між кислотними з рідким електролітом та AGM-батареями. У таких батареях позитивні пластини поміщені в конверт з мікроволокна, який оберігає їхню поверхню від утворення сульфатів і осипання активної маси, запобігаючи коротким замиканням. Їх також застосовують на автомобілях із системами «старт-стоп».

Лужні акумуляторні батареї за хімічним складом поділяються на два види: нікель-кадмієві та нікель-залізні. Обидва типи мають тонкі гофровані електроди, поміщені в герметичні конверти для захисту від вібрацій.

Лужні акумулятори мають порівняно високу енергоємність, добре сприймають глибокі розряди і повільно саморозряджаються, більш екологічні. Порівняно з гелевими мають підвищену стійкість до перезарядів і не чутливі до низьких температур. Їхніми недоліками у порівнянні з кислотними є нижчий рівень напруги, більші габарити, вища вартість.

Акумуляторні батареї характеризуються такими параметрами за ДСТУ ГОСТ 959:2006 [3]:

– **номінальна ємність** в ампер-годинах (позначається C_{20}) - кількість електричної енергії, яку батарея здатна віддати при 20-годинному режимі розрядження струмом, що чисельно дорівнює 0,05 номінальної ємності до напруги на виводах 10,5В при температурі електроліту 25°C;

– **резервна ємність** (позначається C_p) - час розряду в хвиликах повністю зарядженої батареї струмом 25А до напруги 10,5В при температурі електроліту 25°C. Резервна ємність в числовому вираженні в 1,63 разу більша за номінальну. Для акумуляторної батареї ємністю 55 ампер-годин резервна ємність становить приблизно 90 хвилин. Це час, протягом якого повністю заряджена батарея може забезпечувати електроенергією мінімальну кількість споживачів, необхідних для безпечного руху автомобіля в разі відмови генератора;

– **струм холодного прокручування** ($I_{х.п.}$) - струм розряду, який здатна віддати батарея при температурі електроліту мінус 18°C впродовж 10 секунд розрядження до напруги не менше 7,5В. Батарея з вищим значенням цього параметру забезпечуватиме кращий запуск двигуна взимку, однак через збільшення навантаження на стартер може знизитися його ресурс.

Величина струму холодного прокручування залежить від методики його вимірювання. Приблизну відповідність значень струму холодного прокручування, визначеного за різними стандартами, наведено в таблиці нижче [1].

DIN 43559, ГОСТ 959-91	170	200	225	255	280	310	335	365	395	420
EN 60095-1, ГОСТ 959-2002 (Росія)	280	330	360	420	480	520	540	600	640	680
SAE J537	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750

Полярність акумуляторної батареї вказує на розташування негативного і позитивного виводів батареї. Вона буває прямою і зворотною. Для визначення полярності батареї її слід встановити до себе боком, з якого розміщені вивідні клеми. Якщо вивідна клемка, позначений знаком «+», знаходиться ліворуч, то полярність батареї пряма, якщо праворуч - зворотна.

Одним із основних показників, що характеризують робочий стан батареї, є **густина електроліту**. Вона має становити 1,25-1,26 г/см³ при температурі електроліту 25 ± 5°C.

Зустрічаються системи електричного обладнання з двома акумуляторними батареями (автомобілі преміум-класу). У такому випадку одна батарея призначена виключно для живлення електричного стартера при запуску двигуна, друга – для живлення інших споживачів.

Маркування акумуляторних батарей Маркування згідно з ДСТУ (ГОСТ)

Позиція	1	2	3	4	5
Приклад маркування	6	СТ	-	55	АПЗ
Зміст позначки	Кількість акумуляторів в батареї	Призначення батареї (стартерна)	Тип	Ємність батареї (А·год)	Конструктивне виконання: А – з загальною кришкою; З – залита і заряджена; П – сепаратор-конверт з поліетилену; М – сепаратор з міпласту; Е – корпус батареї з ебоніту; Т – корпус з термопластичної пластмаси

Маркування згідно з європейським стандартом EN 60095-1

Позиція	1	2	3	4
Приклад маркування	5	55	065	042
Зміст позначки	Діапазон значень, в якому знаходиться ємність батареї: 5 – від 1 до 99 А·год; 6 – від 100 до 199 А·год; 7 – від 200 до 299 А·год	Ємність батареї (А·год)	Інформація щодо виконання батареї	Струм холостого прокручування. У даному прикладі 420А

Маркування згідно з американським стандартом SAE J537

Позиція	1	2	3
Приклад маркування	A	34	770
Зміст позначки	Батарея автомобільна	Номер типорозмірної групи і полярність: 34 – 260x173x203 мм – пряма полярність; 34R – 260x173x203 мм – зворотна полярність	Струм холостого прокручування. У даному прикладі 770 А

Генератори

Призначення: живлення споживачів електричної енергії при працюючому двигуні та заряджання акумуляторної батареї.

Є два типи автомобільних генераторів: постійного і змінного струму. Генератори постійного струму на сучасних автомобілях не встановлюються. За конструкцією генератори змінного струму поділяються на контактні і безконтактні (індукторні). На автомобілях використовують контактні генератори змінного струму. Перетворення змінного струму у постійний відбувається за допомогою випрямного пристрою, який змонтовано в генераторі.

На автомобілі генератор та акумуляторна батарея включені паралельно та працюють сумісно, доповнюючи один одного залежно від навантаження. Існують режими, коли акумуляторна батарея віддає накопичену енергію споживачам, і коли вона відновлює її шляхом підзаряджання генератором.

Інтенсивність підзаряджання залежить від частоти обертання ротора генератора і струму навантаження. При цьому потужність генератора повинна бути такою, щоб забезпечувати позитивний зарядний баланс акумуляторної батареї, тобто кількість енергії, отриманої при заряджанні, повинна повністю компенсувати енергію, спожиту при розряджанні.

Узгодження роботи акумуляторної батареї, генератора та споживачів електричної енергії здійснюється за допомогою регулятора. Регулятори сучасних автомобілів – це регулятори напруги, які за конструкцією можуть бути контактними, контактно-транзисторними і безконтактними (електронними).

Регульовану напругу визначають з врахуванням її впливу на строк служби акумуляторної батареї, забезпечення необхідної інтенсивності підзаряджання батареї, впливу на строк служби і якість роботи споживачів електричної енергії.

Регулятор напруги підтримує на виході з генератора напругу $13,8 \pm 0,5$ В, чого достатньо для заряджання акумуляторної батареї та оберігання споживачів від перенапруги.

2. Система запуску

Призначення: надійний запуск автомобільного двигуна шляхом прокручування колінчастого вала.

Умови та способи запуску двигуна

Умови запуску автомобільних двигунів:

1. Досягнення необхідної пускової частоти обертання колінчастого вала.
2. Досягнення потрібного теплового режиму двигуна.

Способи запуску двигунів:

1. Ручний запуск (пускова рукоятка, пусковий шнур).
2. Електростартерний запуск.
3. З допомогою стиснутого повітря.
4. З допомогою допоміжного (пускового) двигуна.
5. З допомогою інерційного стартера.

Ознаки класифікації електричних стартерів:

- величина напруги: 12В, 24В;
- спосіб керування (включення): з безпосереднім включенням, з дистанційним включенням;
- наявність редуктора: без редуктора, з редуктором.

Способи і засоби полегшення запуску двигуна

Способи полегшення запуску автомобільних двигунів при низьких температурах спрямовані:

- на полегшення прокручування колінчастого вала двигуна;
- на покращення процесів сумішоутворення;
- на покращення параметрів іскрового розряду;
- комбіновані способи, що є певним поєднанням перерахованих вище.

Засоби полегшення запуску двигунів:

- застосування малов'язких оливо;

- попередній нагрів оливи в піддоні;
- нагрів впускного повітря (електричні спіралі, електрофакельний підігрівач);
- нагрів повітря в циліндрі дизельного двигуна свічками накаливання;
- попередній нагрів двигуна гарячою водою чи паром (стаціонарне обладнання АТП);
- застосування передпускових підігрівачів;
- застосування декомпресійного механізму;
- застосування легкокипарних пускових рідин;
- застосування додаткових пускових батарей;
- утеплення акумуляторних батарей.



Рис.2. Стартери з безпосереднім включенням (а) та дистанційним включенням (б)

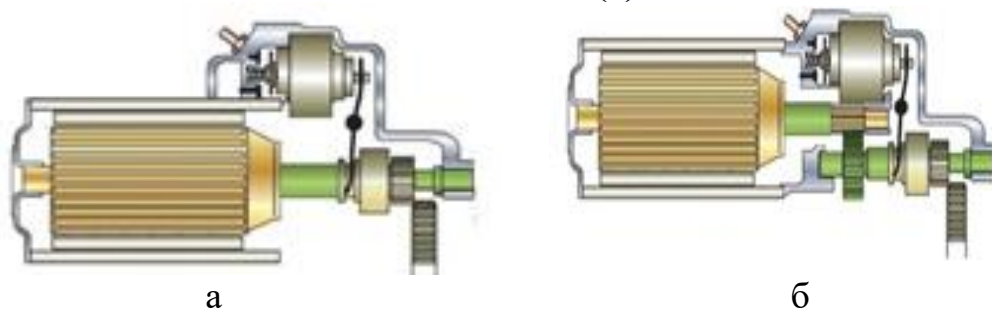


Рис. 3. Стартери без редуктора (а) та з редуктором (б)

Передпускові рідинні підігрівачі підключаються до системи охолодження двигуна. Основним вузлом такого підігрівача є котел, у якому згорає автомобільне паливо і виділене тепло нагріває охолоджуючу рідину. За рахунок термосифонної або примусової циркуляції рідини по каналах системи охолодження відбувається прогрівання двигуна та салону автомобіля.

Сучасні передпускові підігрівачі типу Webasto мають електронне керування, а їх режим роботи може програмуватися. Передпусковий підігрівач встановлюється в моторному відсіку, під'єднується до системи охолодження, паливної системи і бортової електромережі автомобіля. За рахунок спалювання палива, що подається з бака спеціальним насосом, підігрівач нагріває рідину в системі охолодження автомобіля. Власним насосом він прокачує її контуром, прогріваючи двигун і, якщо це передбачено під час встановлення, радіатор штатного обігрівача салону. Коли контур достатньо розігрівається, блок керування підігрівача автоматично вмикає вентилятор штатного обігрівача, і тепле повітря подається в салон.

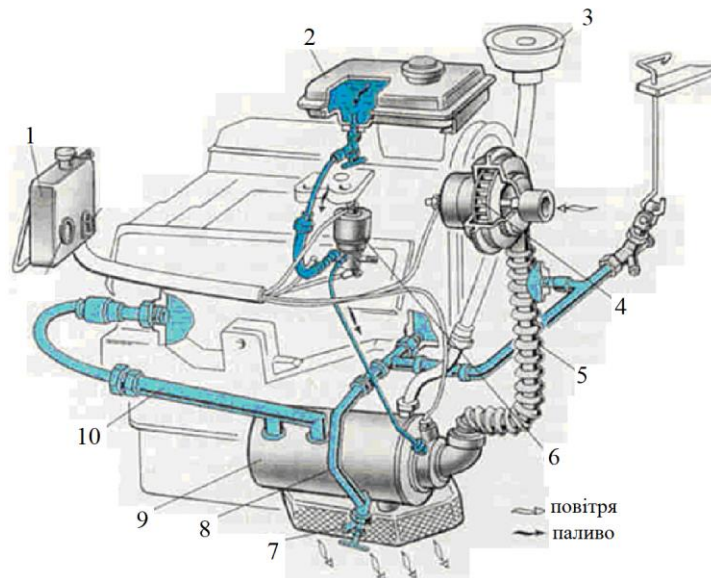


Рис. 4. Передпусковий рідинний підігрівач вантажного автомобіля (конструкція 70-х років минулого століття):

1- пульт керування; 2 – паливний бак; 3 – заливна воронка для води; 4 – повітряний вентилятор; 5 – трубопровід повітряний; 6 – електромагнітний запірний клапан; 7 – зливний кран; 8, 10 – трубопроводи підведення і відведення води від котла; 9 – котел

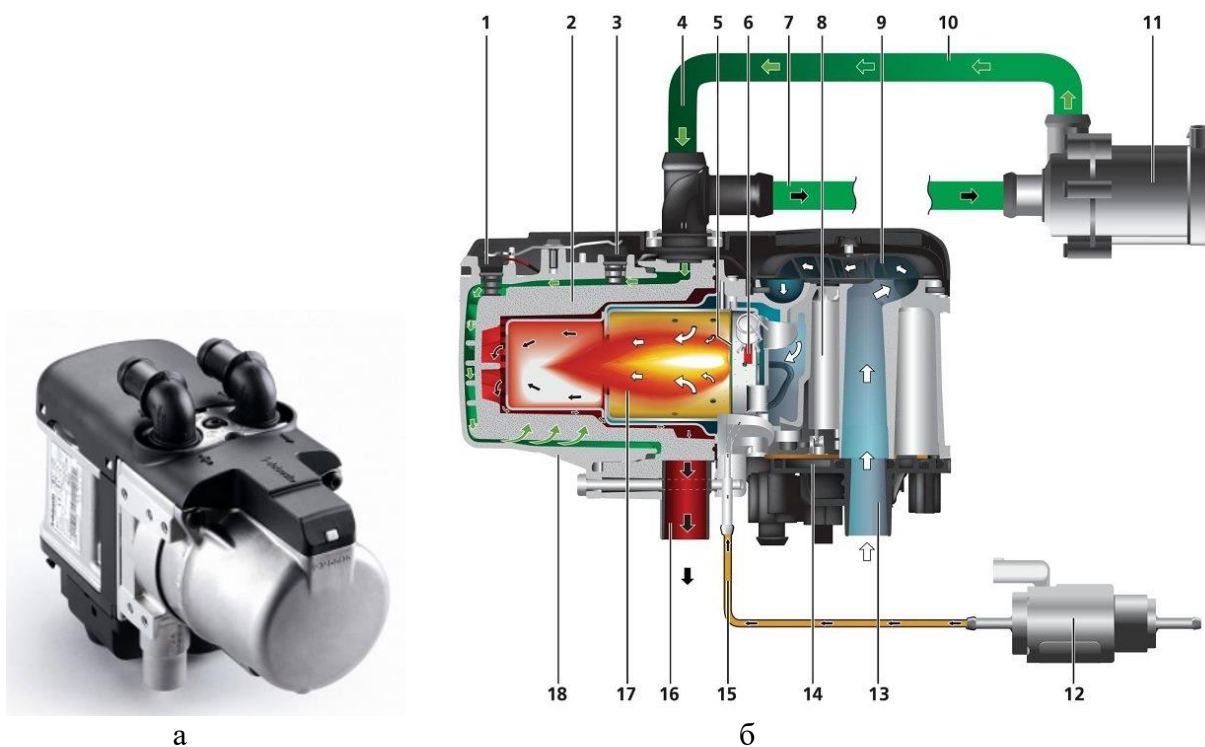


Рис. 5. Сучасний передпусковий рідинний підігрівач (типу Webasto):

А – зовнішній вигляд; б – будова; 1 - датчик перегріву; 2 – теплообмінник; 3 - датчик температури; 4 - вхідний рідинний патрубок; 5 – випарна прокладка; 6 - штифт розжарення; 7 - вихідний рідинний патрубок; 8 – двигун нагнітача повітря; 9 - крильчатка нагнітача повітря; 10 – трубопровід підведення рідини до нагрівача; 11 - помпа (циркуляційний насос); 12 - паливний насос-дозатор; 13 - патрубок забору повітря для горіння; 14 - блок керування; 15 – паливна трубка; 16 - вихлопний патрубок; 17 - камера згорання; 18 - теплообмінник

Електрофакельні підігрівачі та свічки розжарення з відкритою спіраллю використовують для нагрівання повітря у впускному трубопроводі дизельних двигунів, чим досягається потрібна температура самозаймання дизельного палива. Ефективнішою є система нагрівання повітря за допомогою свічок розжарення безпосередньо в циліндрах дизельного двигуна. В такому випадку вони мають електронне керування.



Рис. 6. Електрофакельний підігрівач (а) та свічка розжарення з відкритою спіраллю (б)

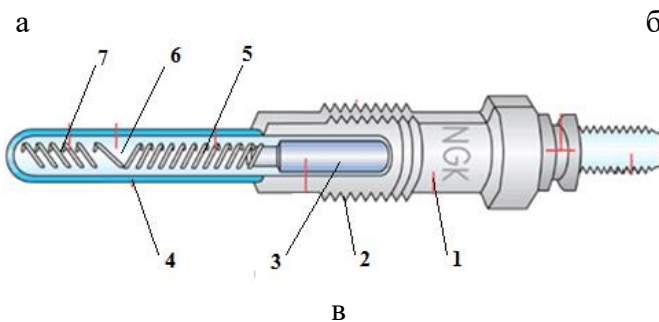
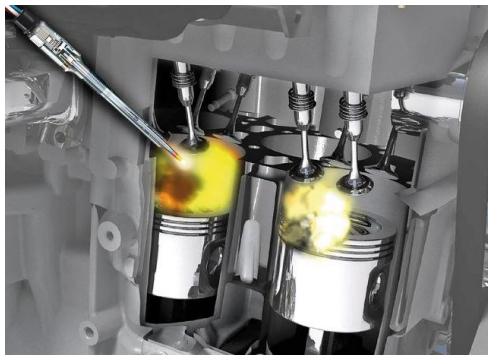


Рис. 7. Свічки розжарення дизелів:

а – розміщення на двигуні; б – загальний вигляд; в – будова; 1 – корпус; 2 – різьба; 3 – центральний електрод; 4 – нагрівна трубка; 5 – регулювальна спіраль; 6 – ізолюючий наповнювач; 7 – нагрівальна спіраль

3. Система запалювання

Призначення: перетворення струму низької напруги у струм високої напруги та підведення його у вигляді іскри у циліндри двигуна в певні моменти часу та з врахуванням порядку роботи циліндрів.

Ознаки класифікації систем запалювання:

- тип системи (батарейна, з запалюванням від магнето);
- спосіб керування (переривання струму низької напруги): контактні, контактно-транзисторні, безконтактні;

- спосіб регулювання моменту запалювання: з механічними регуляторами, з електронними регуляторами;
- спосіб розподілу струму високої напруги: динамічний розподіл, статичний розподіл (електронний);
- спосіб захисту від радіоперешкод: екрановані, неекрановані.

Основні компоненти системи запалювання:

- джерело струму низької напруги (акумуляторна батарея, генератор);
- перетворювач низької напруги у високу (трансформатор, яким є котушка запалювання);
- переривник, який забезпечує роботу перетворювача у колі постійного струму (за конструкцією може бути контактним, контактно-транзисторним, безконтактним);
- розподільник струму високої напруги (тільки у системах з динамічним розподілом);
- свічки запалювання;
- регулятори моменту запалювання;
- подавлюючі резистори (для уникнення радіоперешкод);
- провідники низької та високої напруги.

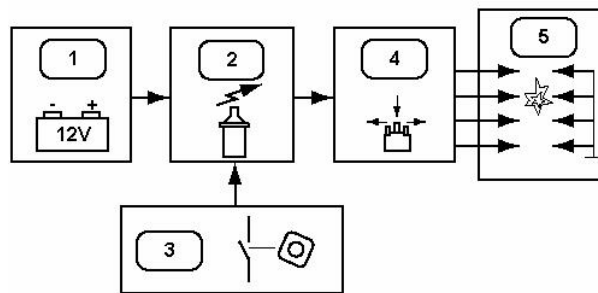


Рис. 8. Загальна принципова схема системи запалювання з динамічним розподілом високої напруги:

1 – джерело струму; 2 – перетворювач (низької напруги у високу); 3 – переривник; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Вимоги до системи запалювання:

- система повинна розвивати напругу, достатню для пробивання іскрового проміжку свічки запалювання, забезпечуючи при цьому безперебійне іскроутворення на усіх режимах роботи двигуна;
- іскра повинна володіти достатньою енергією і тривалістю для займання робочої суміші на всіх можливих режимах роботи двигуна;
- момент запалювання повинен бути строго визначеним і відповідати умовам роботи двигуна;
- робота усіх елементів системи повинна бути надійною при високих температурах і механічних навантаженнях, що виникають в двигуні;
- ерозія електродів січки запалювання повинна знаходитись в межах допуску.

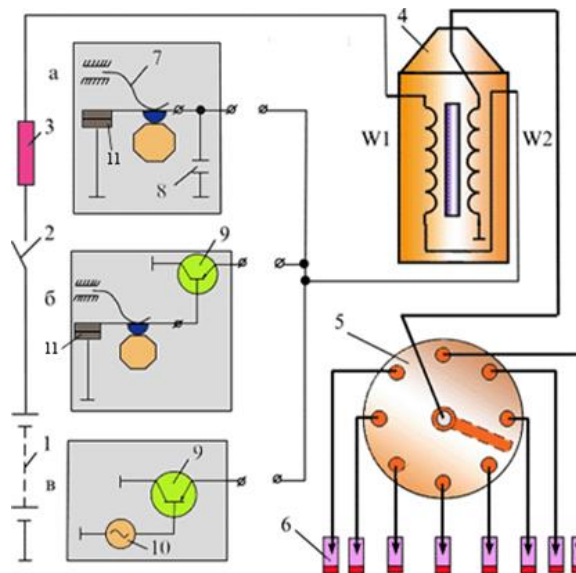


Рис. 9. Принципові схеми систем запалювання:

а – батарейної контактної, б – батарейної контактної-транзисторної, в – батарейної безконтактної; 1 – акумуляторна батарея; 2 – вмикач запалювання; 3 – додатковий резистор; 4 – котушка запалювання; 5 – розподільник; 6 – свічка запалювання; 7 – переривник; 8 – конденсатор; 9 – транзистор; 10 – датчик імпульсів; 11 – контакти переривника

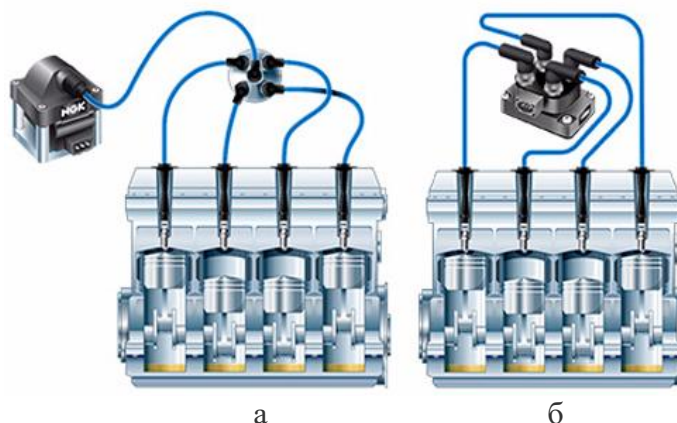


Рис. 10. Способи розподілу високої напруги: а - динамічний (наявний розподільник струму високої напруги); б - статичний (з багатовивідною котушкою запалювання)

У роботі системи запалювання важливим є момент запалювання робочої суміші. Момент запалювання характеризується кутом випередження запалювання, який є кутом повороту колінчастого вала, що відраховується від положення вала в момент подачі іскри до положення, коли поршень приходить у верхню мертву точку.

Момент запалювання суттєво впливає на потужність, економність і токсичність двигуна. Для кожного режиму роботи двигуна є оптимальний момент запалювання, що забезпечує його найкращі показники. При надто ранньому запалюванні згорання суміші відбувається повністю на такті стиску при зростанні тиску в циліндрі. Поршень сприймає значний зустрічний удар, що гальмує його рух. Зовнішніми ознаками раннього запалювання є зниження потужності, металевий стукіт (детонація).

При пізньому запалюванні після переходу поршня через верхню мертву точку суміш згорає на такті розширення і може догорати у впускному трубопроводі. При цьому двигун перегрівається через збільшення тепловіддачі в систему охолодження і його потужність зменшується.

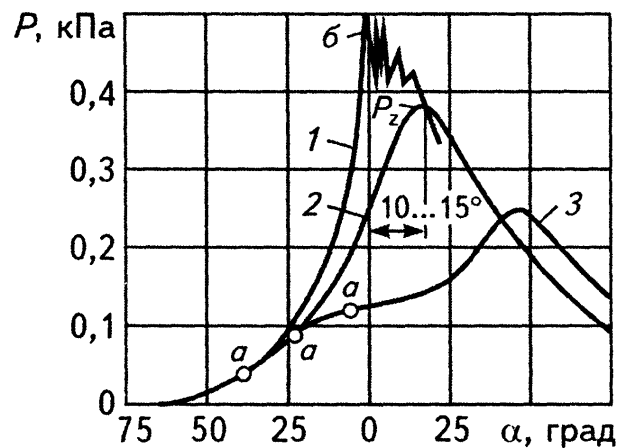


Рис. 11. Зміна тиску в циліндрі двигуна залежно від моменту запалювання:
а – момент запалювання; б – детонація; 1, 2, 3 – відповідно раннє, нормальне і пізнє запалювання; P_z – максимальний тиск у циліндрі

Кут випередження запалювання впливає на зміну тиску в циліндрі двигуна (рис. 11). Процес горіння протікає оптимально у тому випадку, коли кут випередження запалювання найвигідніший (крива 2 на рис. 11). Максимальну потужність двигун розвиває, якщо тиск в циліндрі є найбільшим після верхньої мертвої точки через 10 – 15° кута повороту колінчастого вала (тобто процес горіння закінчується трохи пізніше верхньої мертвої точки).

Оптимальний кут випередження запалювання визначається часом, який відводиться на згорання суміші, і швидкістю її горіння. В свою чергу час, відведений на згорання, залежить від частоти обертання колінчастого вала, а швидкість горіння визначається складом робочої суміші і ступенем стиску. Склад робочої суміші визначається ступенем відкриття дросельної заслінки (розрідженням у впускному трубопроводі).

За сучасними вимогами кут випередження запалювання повинен визначатися з врахуванням частоти обертання колінчастого вала, навантаження двигуна, температури охолоджуючої рідини, температури всмоктуваного повітря, атмосферного тиску, складу відпрацьованих газів, швидкості зміни положення дросельної заслінки. Це може забезпечити тільки електронна мікропроцесорна система запалювання.

Потреба у випередженні запалювання зумовлена затримкою займання пальної суміші. На рис. 12 наведені дві розгорнуті індикаторні діаграми: перша, зображена суцільною лінією, відповідає працюючому двигуну при повністю відкритій дросельній заслінці, а друга, показана штриховою лінією, - при вимкненому запалюванні. Точка с діаграми відповідає моменту подачі іскри. На ділянці cc' лінія стиску при вимкненому запалюванні і лінія стиску з увімкненим запалюванням співпадають. Це свідчить про те, що у двигуні на цьому етапі відбуваються підготовчі процеси, які не пов'язані з виділенням

тепла і підвищенням температури (з горінням). Цей етап назвали періодом затримки займання. На рисунку цей період позначений римською цифрою I.

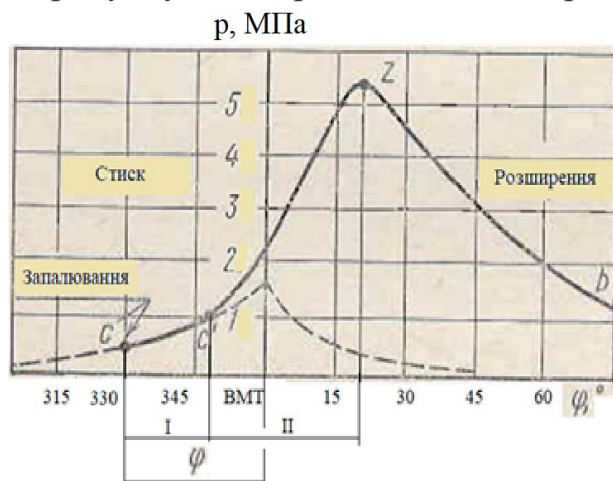


Рис. 12. Розгорнута індикаторна діаграма двигуна

Процес видимого горіння, і відповідно виділення тепла та підвищення температури, починається у точці c' і закінчується у точці z . Закінчення горіння у точці z є умовним, оскільки точно визначити момент закінчення хімічних реакцій окислення є складно. Період видимого горіння на рисунку позначено римською цифрою II.

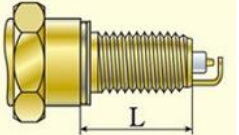
Таким чином процес горіння прийнято поділяти на: I – період затримки займання, II – період видимого горіння. Кут випередження запалювання на діаграмі (рис. 12) позначено відрізком φ (від моменту запалювання c до приходу поршня у в.м.т.).

Маркування свічок запалювання

Як правило кожен виробник запроваджує свою систему маркування свічок запалювання. Але кожен з них вказує розмір різьби на корпусі свічки та її теплову характеристику (розжарювальне число).

Основні приєднувальні розміри свічок запалювання до двигуна передбачені міжнародними стандартами. Ці розміри вказані в таблиці.

Основні приєднувальні розміри свічок запалювання з плоскою опорною поверхнею

Позначення розмірів свічки		Розмірний ряд, мм
	D – різьба метрична (діаметр і крок)	M10x1,0; M12x1,25; M14x1,25; M18X1,5
	S – розмір шестикутника «під ключ»	16,0; 19,0; 20,8
	L – довжина різьбової частини	9,5; 12,7; 19,0; 26,5

Маркування згідно ДСТУ (ГОСТ)

Позиція	1	2	3	4	5	6	7	8
Приклад маркування	A	Y	17	Д	В	Р	М	10
Зміст позначки	Розмір різьби: А – М14х1,25; М – М18х1,5	Особливості конструкції: У – збільшений розмір під ключ з 14 до 16 мм	Жарове число: 8 11 14 17 20 23 26	Довжина різьби: Д – 19 мм	Виступання теплового конуса ізолятора	Вбудований резистор	Матеріал центрального електрода: М – мідний сплав з жаростійкою оболонкою	Порядковий номер розробки

Маркування свічок NGK (Японія)

Позиція	1	2	3	4	5	6	7	8
Приклад маркування	B	C	P	R	7	E	S	11
Зміст позначки	Діаметр різьби: В – 14 мм; D – 12 мм; С – 10 мм	Розмір ключа під свічку: С – 16 мм	Виступання теплового конуса ізолятора	Наявний резистор	Жарове число: в межах 2 – 12	Довжина різьби: Е – довга; Н – коротка	Виконання: S – стандарт; А – спеціальний тип	Величина іскрового зазору: 9 – 0,9 мм; 11 – 1,1 мм

Маркування свічок Bosch (Німеччина)

Позиція	1	2	3	4	5
Приклад маркування	W	R	7	D	C
Зміст позначки	Діаметр різьби: W – 14 мм	Наявний резистор	Жарове число: 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 09 08 07 06	Довжина різьби: D – 19 мм	Матеріал центрального електрода: М – мідний сплав

Основним експлуатаційним параметром свічок запалювання є розжарювальне число. Свічка запалювання працює нормально при температурі теплового конуса ізолятора від 400°C до 900°C. Нагар на конусі зникає при його нагріванні до температури 400-500°C. Цю температуру називають температурою самоочищення свічки запалювання. Якщо температура теплового конуса перевищує 850-900°C, може виникнути передчасне займання паливної суміші під час такту стискання ще до появи іскри. Таке явище називають жаровим запалюванням.

Теплова характеристика свічки визначається умовами її роботи, які в свою чергу визначаються питомою потужністю двигуна, його швидкохідністю, типом системи охолодження. При підборі свічок запалювання до конкретного

двигуна потрібно керуватися рекомендаціями виробника автомобілів та таблицями відповідності теплових характеристик свічок різних виробників.

Відповідність теплових характеристик свічок різних виробників

Виробник	Теплова характеристика					
	«холодна»	-----				«гаряча»
ГОСТ	23	20		17		14
Bosch	5	6		7		8
BERU	5	6		7		8
Chempion	-	7	8	9	10	11
NGK	7	6				5
BRISK	-	14		15		17
ISKRA	95	85		65		55

За тепловою характеристикою свічки поділяють на «гарячі» та «холодні». «Холодні» свічки запалювання легко віддають тепло від теплового конуса ізолятора в матеріал головки блоку циліндрів та систему охолодження і призначені для встановлення на високооборотних форсованих двигунах чи двигунах з повітряним охолодженням. Такі свічки не будуть нагріватися до надто високих температур та не будуть спричиняти жарове запалювання. «Гарячі» свічки навпаки, будуть утримувати тепло, що забезпечить температуру самоочищення свічки та не спричинить шунтування електродів.

Конструктивно свічки з різною тепловою характеристикою відрізняються розміром теплового конуса ізолятора (рис. 13).

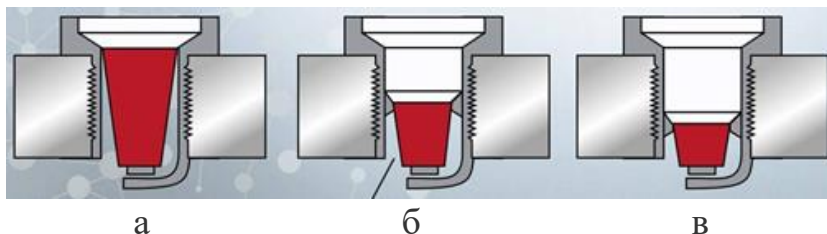


Рис. 13. Розмір теплового конуса свічки:
а – холодної, б - нормальної, в – гарячої.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Вивчення будови та роботи акумуляторних батарей та генераторів

Мета: вивчити будову та роботу стартерних свинцево-кислотних акумуляторних батарей, генераторів змінного струму та регулювальних пристроїв, виявити їх конструктивні та експлуатаційні особливості.

Обладнання: акумуляторні батареї, генератори змінного струму та їх деталі, регулятори напруги, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Призначення та принцип дії свинцево-кислотної акумуляторної батареї.
2. Призначення та принцип дії генератора змінного струму.
3. Призначення та принцип дії регулятора напруги.

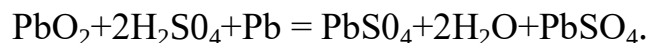
Теоретичні відомості

Стартерні акумуляторні батареї

Акумуляторна батарея на автомобілі забезпечує живлення електроенергією електростартера при пуску двигуна й інших споживачів при непрацюючому генераторі чи його недостатній потужності. Акумуляторна батарея є вторинним хімічним джерелом струму, що допускає багаторазове використання. Активні матеріали акумуляторної батареї, що витрачаються у процесі розряду, відновлюються при наступному заряді.

У свинцевій акумуляторній батареї в процесах утворення струму беруть участь двоокис свинцю PbO_2 позитивного електрода, губчастий свинець Pb негативного електрода й електроліт – водяний розчин сірчаної кислоти H_2SO_4 .

Хімічна реакція, що відбувається у свинцевому акумуляторі,



Вміст в електроліті сірчаної кислоти і густина електроліту зменшуються при розряді і збільшуються при заряді. За густиною електроліту можна робити висновок про ступінь розрядженості акумуляторної батареї.

Електростартер є основним споживачем енергії акумуляторної батареї. Робота в стартерному режимі визначає тип і конструкцію автомобільних акумуляторних батарей.

Стартерна свинцева акумуляторна батарея (рис. 6.1) складається з моноблока, кришок, позитивних і негативних пластин (електродів), об'єднаних у напівблоки, сепараторів, струмоведучих частин і кріпильних деталей.

Позитивні і негативні пластини збираються у напівблоки за допомогою бареток, що мають борн і місток. Борн призначений для відведення струму від напівблоку пластин. До містка припаюють вушка пластин. Пластини в напівблоці з'єднані паралельно. Кількість пластин залежить від заданої ємності акумуляторної батареї. Напівблоки різнойменних пластин об'єднані в блок пластин.

Між різнойменними пластинами в блоках встановлені сепаратори з кислотостійкого пористого матеріалу.

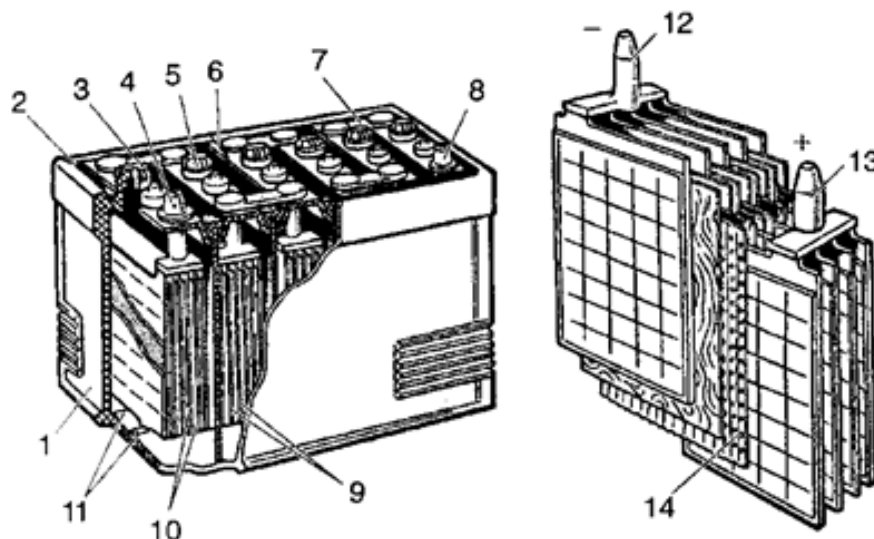


Рис. 6.1. Свинцево-кислотна стартерна акумуляторна батарея з індивідуальними кришками для кожного акумулятора:

1 – бак (моноблок); 2 – мастика; 3 – заливний отвір; 4, 8, 12, 13 – полюсні штирі; 5 – пробка заливного отвору; 6 – кришка; 7 – перемичка; 9, 10 – негативні і позитивні пластини; 11 – ребра; 14 – сепаратори

У сучасних конструкціях акумуляторних батарей використовують сепаратори у вигляді конвертів. Сепаратори-конверти мають м'які потовщення на бокових і нижньому торцях. При складанні блоку пластин потовщені кромки замикають. Сепаратор охоплює позитивну пластину, перешкоджаючи випаданню активної маси в шлам.

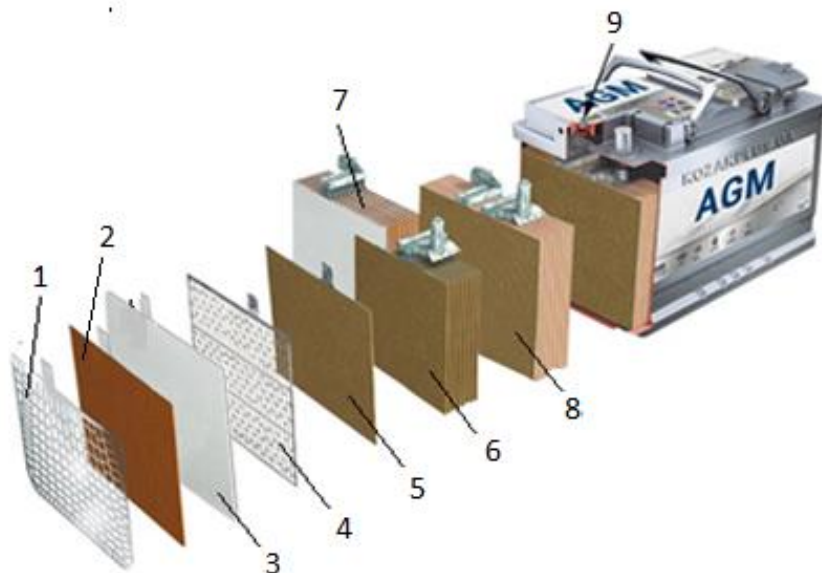


Рис. 6.2. Будова AGM акумуляторної батареї:

1 – позитивна решітка; 2 – позитивна пластина; 3 – позитивна пластина з AGM сепаратором; 4 – негативна решітка; 5 – негативна пластина; 6 – напівблок позитивних пластин; 7 – напівблок негативних пластин; 8 – блок пластин в зборі; 9 – захисний клапан

Блоки пластин із сепараторами встановлюють у відсіки моноблока (корпусу) з ебоніту, термопласту (наповненого поліетиленом), поліпропілену

чи полістиролу. Застосування полімерних матеріалів підвищує міцність моноблоків і питомі показники акумуляторних батарей. Кожен напівблок різнойменних пластин спирається на дві призми секції моноблока, що виключає коротке замикання між пластинами і шламом, який у процесі роботи нагромаджується між призмами.

В акумуляторних батареях встановлюють ебонітові чи пластмасові щитки, що охороняють верхні кромки сепараторів від ушкоджень при вимірюванні рівня, густини і температури електроліту.

Акумуляторна батарея може мати загальну чи окремі кришки для кожного акумулятора. У кришках передбачені отвори для виходу борнів і заливання електроліту. Заливні отвори закриті пробками з ебоніту, поліетилену, полістиролу чи феноліту з вентиляційними отворами. Загальні кришки з поліпропілену забезпечують централізоване заливання електроліту і загальний газовідвід. Застосування загальної кришки дає змогу встановити на кілька заливних отворів один блок пробок, виконаний у вигляді пластмасової планки, у яку вставлена необхідна кількість пробок. Герметизація в місцях з'єднання кришок зі стінками і перегородками ебонітових моноблоків забезпечується заливанням бітумною мастикою. Загальна кришка до моноблока з полімерного матеріалу приварюється або приклеюється.

Міжелементні перемички акумуляторних батарей установлені зовні над кришками чи над перегородками. Перемички іноді проходять через перегородки. У цьому випадку, через зменшення довжини перемички, омичний опір батареї і витрата свинцю знижуються.

Конусні полюсні клеми приварюють до борнів. Діаметр конуса в основі позитивної клеми на 1,6 мм більший, ніж в основі негативної клеми. Деякі батареї мають полюсні клеми з отворами під кріпильні болти.

Акумуляторні батареї з рідким електролітом можуть виготовлятися в обслуговуваному та необслуговуваному виконанні. У першому виконанні у кожному акумуляторі наявні пробки, що викручуються. У другому виконанні такі пробки відсутні.

Відведення газів (кисню та водню, які утворюються під час електролізу води) з акумуляторів батареї здійснюється через канал центральної вентиляції (рис. 6.3). Цей канал сполучається з атмосферою через один чи два отвори, розміщені на бокових торцях кришки батареї. Якщо передбачено два отвори, один з них обов'язково закривається.

У необслуговуваних батареях утворені при перезаряді водень і кисень акумулятор зазвичай не покидають, а реагують між собою з утворенням води. Це можливо завдяки наявності запобіжного клапана у пробці акумулятора.

Для запобігання займанню газів (водню і кисню), що виходять через вентиляційний отвір батареї, в нього вставляється трубка, яка виводить їх у віддалене від гарячих деталей двигуна місце. У разі займання газів, що вийшли з батареї, для уникнення проникання полум'я в батарею на вході вентиляційного каналу встановлюють гасник (рис. 6.4). Гасник полум'я виготовлений у формі диска з пористого синтетичного матеріалу.

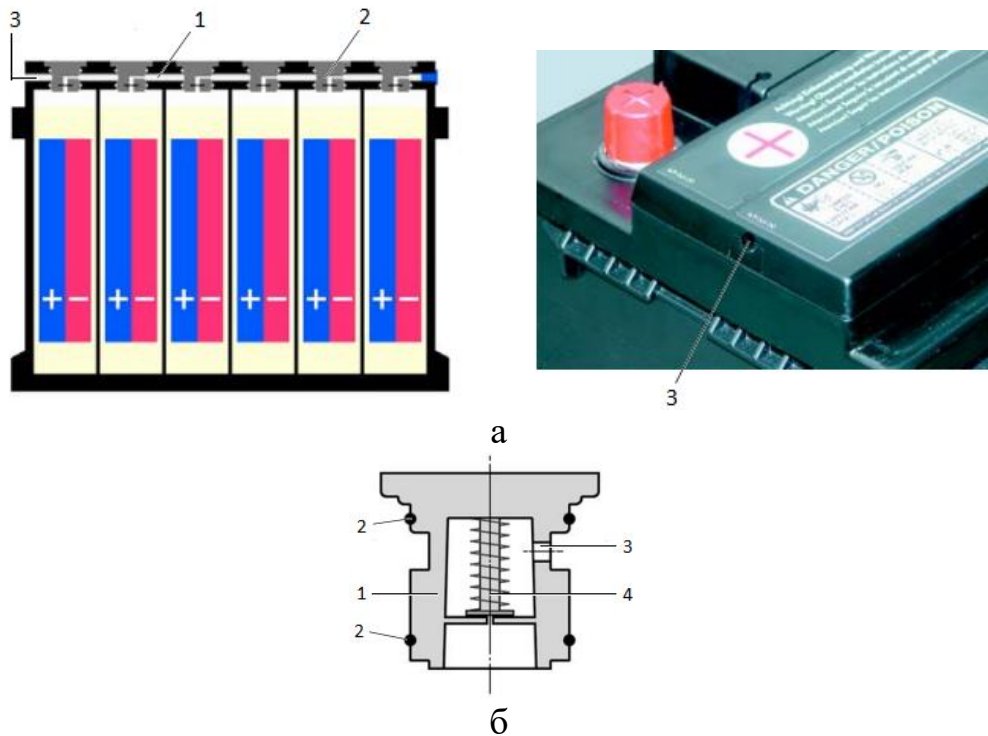


Рис. 6.3. Відведення газів з акумуляторної батареї:

а – розріз кришки акумуляторної батареї; 1 – вентиляційний канал; 2 – пробка;
3 – вентиляційний отвір;

б – пробка акумулятора; 1 – пробка; 2 – ущільнювальні кільця; 3 – прохід до вентиляційного каналу; 4 – запобіжний клапан

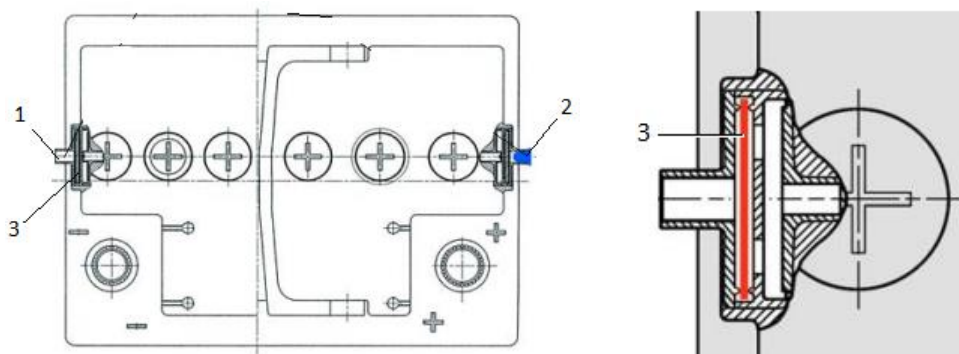


Рис. 6.4. Встановлення гасника полум'я в акумуляторній батареї:

1 – вентиляційний канал; 2 – вентиляційний канал, закритий пробкою; 3 – гасник полум'я

Матеріали електродів акумулятора

Основою позитивних і негативних пластин (електродів) є жорсткий каркас, виконаний у вигляді тонкої сітчастої решітки з свинцевого сплаву (вміст свинцю до 94%). У якості легуючих компонентів використовують сурму, мишяк, кадмій, олово, кальцій, срібло, тантал. Ці елементи покращують ливарні властивості сплаву, його міцність та корозійну стійкість. Конкретний хімічний склад сплаву виробниками не оприлюднюється.

Решітки електродів виготовляють за різними технологіями (лиття або просічка). Решітки негативних електродів отримують шляхом просічування свинцевого листа з наступним розтягуванням. Решітки позитивних електродів отримують за кількома технологіями: за технологією *Power Frame* кожен електрод має опорну рамку та внутрішні напрямні, чим досягається висока

жорсткість конструкції; за технологією *Power Pass* внутрішні напрямні розміщені радіально (стягуються до вушка решітки); за технологією *Chess Plate* внутрішні напрямні розміщені в шахматному порядку.

Товщина решіток негативних пластин не перевищує 1,2 мм, позитивних – 1,5 мм.

В ґратки решіток вмащується пастоподібна активна маса. Активна маса негативних пластин виготовляється з свинцевого порошку Pb та розчину сірчаної кислоти. Активна маса позитивних пластин виготовляється з свинцевого порошку Pb, свинцевого сурику Pb₃O₄, свинцевого глету PbO та розчину сірчаної кислоти.

Далі пластини просушують та формують постійним електричним струмом. Після процесу формування активна маса негативних пластин перетворюється в губчастий свинець Pb (сірого кольору), а активна маса позитивних пластин – у перекис свинцю PbO₂ (червоно-коричневого кольору).

Для збільшення площі контакту електроліту з активною масою остання має пористу структуру. Така структура на позитивних пластинах досягається додаванням до активної маси розширювальних волокон з поліпропілену. На негативних пластинах пористість досягається зпінюванням мікрочастинок активної маси під час процесу формування.

Сепаратори акумуляторів виготовляють з поліхлорвінілових пористих пластин (міпласт), з сітчастих пластин тонкого листового ебоніту (міпор), з натурального шовку-сирця на скловолоконній основі, зі скловолоку.

Електроліт готується з акумуляторної сірчаної кислоти (94% хімічно чистої сірчаної кислоти H₂SO₄) та дистильованої води. Густина електроліту у повністю зарядженій акумуляторній батареї визначається кліматичним районом її експлуатації. Так для районів з помірним кліматом густина електроліту повинна становити 1,26±0,01 г/см³ при температурі +25°C. Зменшення густини електроліту на 0,01 г/см³ відповідає розрядженості акумулятора приблизно 6%.

Генератори змінного струму

Генератор на автомобілі служить для живлення електричним струмом усіх споживачів під час роботи двигуна і підзарядки акумуляторної батареї, компенсуючи витрату її електроенергії при пуску двигуна.

На автомобілях установлюють генератори змінного струму з електромагнітним збудженням і вбудованим випрямлячем.

Генератор змінного струму Г-250 автомобілів ГАЗ (рис. 6.5.) складається зі статора 7 і ротора 20. Статор набраний з окремих листів електротехнічної сталі, ізольованих один від одного лаком для зменшення вихрових струмів. На внутрішній поверхні статора виконано 18 пазів, у які вкладені обмотки 6, розділені на три фази. Обмотки у фазі з'єднані послідовно, а фази обмоток – зіркою, тобто одним кінцем усі три фази виведені і з'єднані в одній точці, а другі кінці кожної фази – з випрямним блоком. З боків статор закривається алюмінієвими кришками 1 і 8, у яких на кулькових підшипниках 2 і 19 встановлений вал 3 ротора. На передньому кінці вала кріпиться упорна шайба 22, вентилятор 21, що створює повітряний потік для охолодження обмоток і ротора генератора, і шків 23 для привода ротора за допомогою клинопасової

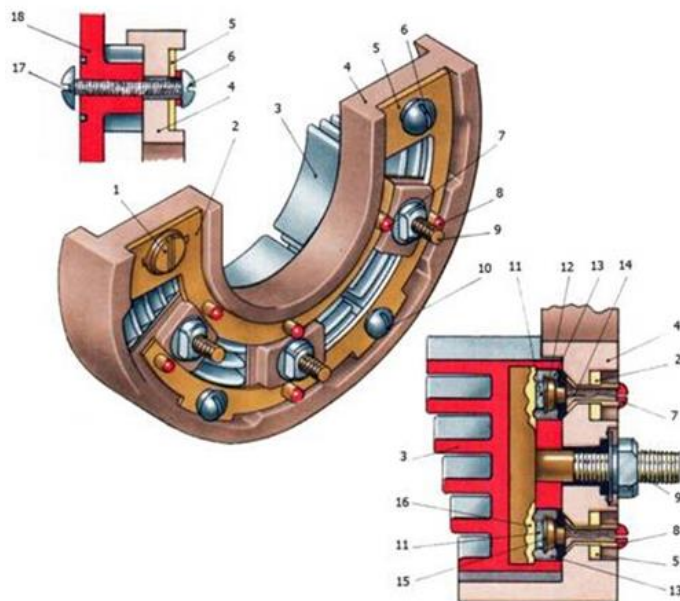


Рис. 6.6. Випрямний блок генератора:

- 1 – плюсовий клемний болт для приєднання споживачів струму; 2 – плюсова контактна пластина діодів; 3 – алюмінієві ребра радіатора охолодження блока діодів; 4 – корпус блока випрямних кремнієвих діодів; 5 – мінусова мідна контактна пластина діодів; 6 – гвинт під'єднання діодів на «масу»; 7 – вивід діода з позитивним потенціалом; 8 – вивід діода з негативним потенціалом; 9 – болт блока діодів для приєднання фазного виводу; 10 – гвинт кріплення блока випрямлячів; 11 – блок кристалів електронно-дірчастого переходу; 12 – діод з позитивним потенціалом; 13 – ізоляційна мастика; 14 – діодний вивід (пелюстка); 15 – діод з негативним потенціалом; 16 – латунна основа діодів; 17 – гвинт «маси» (мінус генератора); 18 – задня кришка генератора

Генератор приводиться в дію пасовою передачею (клинопасовою чи поліклиновою).



Рис. 6.7. Пасовий привод автомобільних генераторів

Регулятори напруги

Сучасні генератори змінного струму працюють спільно з регулятором напруги. Регулятор напруги в ланцюзі генератор – акумуляторна батарея призначений для підтримання сталості напруги, виробленої генератором, шляхом зміни сили струму в обмотці збудження при зміні частоти обертання колінчатого вала двигуна. Якби не було регулятора напруги, то зі збільшенням

частоти обертання колінчатого вала, а отже, і ротора, напруга генератора різко зростає, перевищивши допустиме значення, на яке розраховані споживачі.

Сила струму в обмотці збудження генератора змінюється двома способами: пропусканням струму через додатковий резистор (опір), який є складовою регулятора напруги; розмиканням кола обмотки збудження генератора з потрібною частотою.

На автомобілях встановлювались такі регулятори напруги: контактні (вібраційні), контактно-транзисторні та безконтактні. Принципові схеми контактної та безконтактної транзисторної регуляторів і з'єднання їх з генератором наведені відповідно на рисунках 6.8 і 6.9.

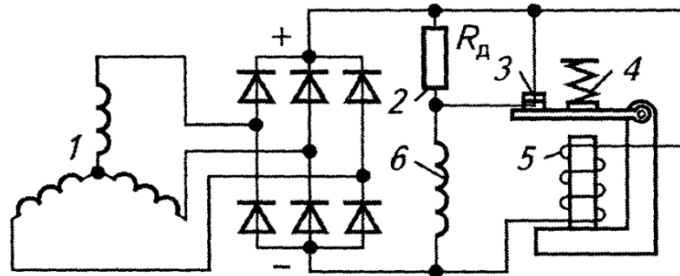


Рис. 6.8. Принципова схема регулювання напруги контактним вібраційним регулятором (електромагнітним):

1 – обмотка статора генератора; 2 – резистор; 3 – контакти переривника; 4 – пружина; 5 – обмотка електромагніту; 6 – обмотка збудження генератора

У контактному регуляторі напруги (рис. 6.8) додатковий резистор 2 підключений послідовно з обмоткою збудження 6. Його опір забезпечує регулювання номінальної напруги генератора при досягненні максимальної частоти обертання колінчастого вала двигуна, а відповідно і вала генератора. Паралельно до додаткового резистора підключений електромагнітний переривник, контакти якого при непрацюючому двигуні та малих обертах є замкнутими. При цьому додатковий резистор є виключеним з кола обмотки збудження генератора.

При зростанні числа обертів вала та, відповідно, напруги на виході з генератора, зростає струм в обмотці електромагніту 5 (відповідно і створене ним магнітне поле), що спричиняє розмикання контактів 3. В коло включається резистор 2, що зменшує струм в обмотці збудження 6 (відповідно і напругу генератора). Зменшення напруги призводить до зменшення магнітного поля електромагніту 5. При цьому пружина 4 замикає контакти 3 і резистор знову виключається. Далі процес повторюється.

Із збільшенням числа обертів вала час розімкнутого стану контактів електромагніту, а відповідно час включення додаткового резистора, збільшується. Це забезпечує підтримання напруги на виході з генератора у потрібних межах.

Недоліками електромагнітного регулятора напруги є наявність контактів (які окислюються, підгорають, потребують обслуговування) та ненадійна робота з генераторами більшої потужності.

Такі недоліки відсутні в електронних регуляторах напруги (рис. 6.9). При напрузі генератора вищій за регульовану, послідовно до обмотки збудження ОЗ

генератора підключається додатковий резистор R_d . Напруга генератора зменшується і додатковий резистор знову відключається. Такий процес повторюється з великою частотою, завдяки чому напруга на виході з генератора підтримується в межах регульованого значення.

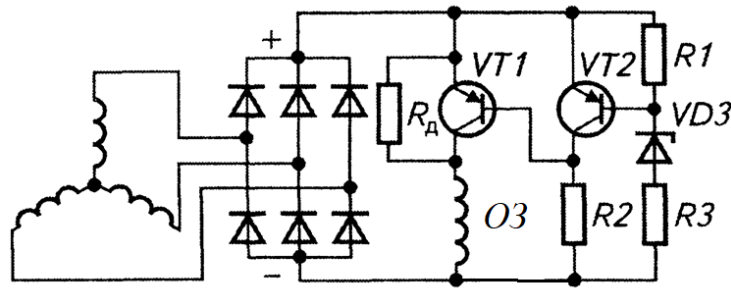


Рис. 6.9. Принципова схема безконтактного транзисторного регулятора напруги:

R_d – додатковий резистор; $O3$ – обмотка збудження генератора

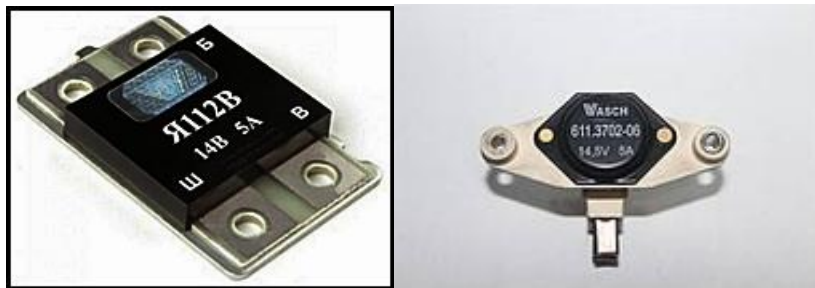


Рис. 6.10. Інтегральні електронні регулятори напруги

Електронні регулятори володіють вищою надійністю і стабільністю регульованої напруги у порівнянні з контактними, контактно-транзисторними і безконтактними транзисторними. Їхнім недоліком є складність зміни регульованої напруги в умовах експлуатації.

На сучасних автомобілях установлюють інтегральні електронні регулятори напруги, виконані з використанням елементів мікроелектроніки. Такі регулятори витримують підвищені допустимі робочі температури і можуть бути вбудовані безпосередньо у генератор. Це спрощує електропровідну схему автомобіля і підвищує надійність генераторної установки. Інтегральні регулятори забезпечують високу стабільність і точність регулювання напруги у бортовій мережі автомобіля.

Завдання до лабораторної роботи

1. Акумуляторні батареї: вивчити будову свинцево-кислотної акумуляторної батареї, оглянути деталі акумулятора, звернути увагу на кількість позитивних та негативних пластин та їх взаємне розташування, установити, з яких матеріалів виготовляють деталі акумуляторних батарей, ознайомитися з приладами, призначеними для перевірки технічного стану акумуляторної батареї.

2. Генератори: вивчити будову та роботу генератора змінного струму; оглянути деталі генератора; звернути увагу на контактно-щітковий та випрямний пристрої, на електричну схему генератора; з'ясувати місце

встановлення генератора на двигуні. Виявити конструктивні особливості безконтактного генератора, що встановлюється на тракторах.

3. Регулятори напруги: вивчити призначення та принцип дії регулятора напруги; ознайомитися з особливостями конструкції різних типів регуляторів; з'ясувати місце встановлення регулятора на автомобілі та його підключення у систему електрообладнання.

Завдання до звіту

1. Опишіть систему маркуються акумуляторних батарей різних виробників, заповнивши таблицю 6.1.

2. Виконайте схему генераторної установки змінного струму та коротко опишіть її роботу.

3. Опишіть призначення та принцип роботи регулятора напруги.

Таблиця 6.1. Маркування акумуляторних батарей

Система маркування	Позначення марки акумуляторної батареї	Розшифрування марки акумуляторної батареї
Стандарт України ДСТУ ГОСТ 959:2006		
Європейський стандарт EN 60095-1		
Американський стандарт SAEJ537		

Питання для самоконтролю

1. Опишіть будову акумуляторної батареї.
2. Які хімічні та електричні процеси протікають в акумуляторній батареї при її зарядженні та розрядженні?
3. Як визначити ступінь розрядженості акумулятора за густиною електроліту та напругою на клеммах?
4. Як маркуються акумуляторні батареї?
5. Який принцип дії генератора змінного струму?
6. Опишіть будову генератора змінного струму.
7. Які конструктивні особливості безконтактного генератора змінного струму?
8. Яке призначення та принцип дії регулятора напруги?

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозову Київ : Вища школа, 1991. 304 с.
2. Кисликов В.О. Будова й експлуатація автомобілів / В.О. Кисликов, В.В. Луцник. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. Київ, Моноліт, 2019. 288 с.
4. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с.
5. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Київ : Арістей, 2006. 280 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Вивчення будови та роботи електричних стартерів

Мета: вивчити електричні схеми, будову та роботу стартерів, виявити їх конструктивні та експлуатаційні особливості.

Обладнання: стартери та їх деталі, макети, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Умови та способи запуску автотракторних двигунів.
2. Пристрої для полегшення запуску двигунів.
3. Загальна будова та принцип дії електричного стартера.

Теоретичні відомості

Електростартер поєднує в собі електродвигун і механізм привода. Електростартери розрізняються за способом збудження, способом керування, типом механізму привода, способом кріплення на двигуні і ступенем захисту від навколишнього середовища.

Основними деталями і вузлами електростартера (рис. 7.1.) є якір з обмоткою і колектором, корпус з полюсами і котушками, механізм привода з електромагнітним тяговим реле, муфта вільного ходу (МВХ) з шестернею, кришка з боку привода, кришка з боку колектора і щітковий вузол із щіткотримачами, щітками й щітковими пружинами.

Якір – це пакет сталених пластин з напівзакритими пазами для розміщення обмотки. Пакет напресовують на вал, що обертається у двох чи трьох опорах із бронзографітовими чи металокерамічними підшипниками.

В автомобільних електростартерах застосовують збірні циліндричні колектори на металевій втулці, а також циліндричні і торцеві колектори на пластмасовій основі.

Корпус електростартера виготовляють з труби чи сталевий смуги, згорнутої в трубу з наступним зварюванням стику. До корпусу гвинтами кріплять полюси, на яких розміщені котушки обмотки збудження. Практично всі стартерні електродвигуни мають чотири полюси з однією (послідовною чи паралельною) котушкою збудження на кожному полюсі.

Електромагнітне тягове реле зазвичай кріпиться на приводній кришці безпосередньо чи з використанням додаткових кріпильних елементів (основа реле). Тягове реле має одну чи дві обмотки, розташовані на латунній втулці, у якій вільно переміщається сталевий якір. У двохобмотковому реле утримуюча обмотка розрахована лише на утримання контактів реле в замкнутому стані, намотана проводом меншого перетину і має безпосередній вивід на масу. Втягуюча обмотка підключена паралельно до силових контактів, при включенні реле діє разом з утримуючою обмоткою і забезпечує необхідну силу притягання, коли зазор між якорем і осердям реле має максимально можливе значення. При замиканні контактних болтів рухомим диском втягуюча обмотка замикається накоротко і виключається з роботи.

Важелем тягове реле зв'язане з муфтою вільного ходу, розташованою на шліцьовій частині вала якоря. МВХ забезпечує передачу обертаючого моменту

від вала якоря маховику під час пуску двигуна і роз'єднує якір і маховик при самостійній роботі двигуна. При включенні роликової МВХ у роботу ведуча обойма повертається щодо нерухомої веденої обойми, ролики під дією притискних пружин і сил тертя між обоймами та роликами переміщуються у вузьку частину клиноподібного простору і муфта заклинює.

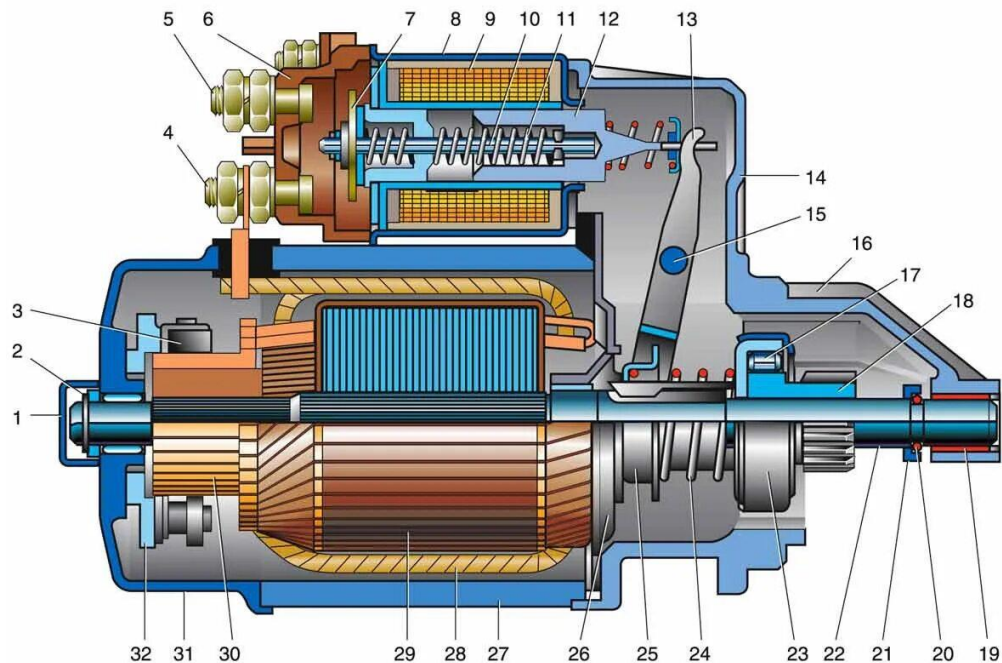


Рис. 7.1. Будова стартера:

1 – кришка втулки; 2 – стопорне кільце; 3 – щітковий вузол; 4, 5 – контактні гвинти; 6 – пластмасова кришка тягового реле; 7 – контактний диск; 8 – корпус тягового реле; 9 – обмотки тягового реле; 10 – шток; 11 – пружина; 12 – осердя тягового реле; 13 – важіль вмикання; 14 – кришка тягового реле; 15 – вісь важеля вмикання; 16 – передня кришка корпусу стартера; 17 – ролик обгінної муфти; 18 – приводна шестерня; 19 – втулка (підшипник ковзання) вала стартера; 20 – гумове кільце; 21 – упорна шайба; 22 – вал стартера; 23 – обгінна муфта (муфта вільного ходу); 24 – буферна пружина; 25 – втулка відведення; 26 – ізолююча шайба; 27 – корпус (стакан) стартера; 28 – обмотка статора; 29 – якір електродвигуна; 30 – колектор; 31 – задня кришка корпусу стартера; 32 – тримач щіток

Після пуску двигуна частота обертання шестірні привода і зв'язаної з нею веденої обойми перевищує частоту обертання ведучої обойми; ролики переміщуються в широкую частину клиноподібного простору між обоймами, і муфта розклинюється. Завдяки цьому електричний двигун стартера оберігається від надмірної частоти обертання, що могло б призвести до його руйнування (рознос двигуна).

На рис. 7.2. показано будову роликової муфти вільного ходу. Такі муфти ще називають обгінними. Їх використовують в приводах стартерів невеликої потужності (до 5 кВт).

На стартерах, які призначені для запуску дизельних двигунів вантажних автомобілів і розвивають великі крутні моменти, використовують храпові обгінні муфти (рис. 7.3).

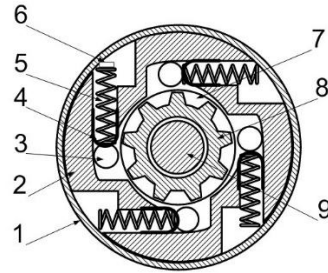


Рис. 7.2. Обгінна роликова муфта привода стартера:

1 – кожух муфти; 2 – ведуча обойма; 3 – ролик; 4 – штовхач; 5 – пружина; 6 – упор пружини; 7 – ведена обойма; 8 – приводна шестерня; 9 – вал стартера

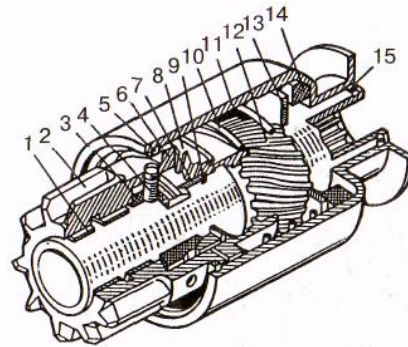


Рис. 7.3. Храпова муфта привода стартера КамАЗ:

2 – приводна шестерня; 6 – ведений храповик; 8 – ведучий храповик

Електростартер при запуску працює в такий спосіб. При включенні тягового реле під дією магнітних сил двох обмоток якір реле переміщається і через важіль включення привода вводить шестірню в зачеплення з вінцем маховика. Наприкінці ходу якоря замикаються силові контакти тягового реле і включається ланцюг живлення стартера й електродвигуна. Силові контакти реле замикаються раніше ніж шестірня цілком увійде в зачеплення. Подальше переміщення шестірні до упорного кільця на валу відбувається під дією осьового зусилля у гвинтових шліцах якоря і направляючої втулки MBX.

Якщо шестірня упирається у вінець маховика, якір реле продовжує рухатися, стискаючи буферну пружину, і замикає силові контакти. Якір стартера разом із приводом починає обертатися, і, як тільки зуб шестірні встановлюється проти западини зубчастого вінця маховика, шестірня під дією буферної пружини й осьового зусилля в шліцах входить у зачеплення з вінцем маховика.

Шестірня залишається в зачепленні доти, доки водій (чи автоматичне реле блокування) не знеструмлять тягове реле стартера. Після розмикання ланцюга живлення тягового реле втягуюча і утримуюча обмотки підключаються послідовно до джерела живлення через ще замкнуті силові контакти тягового реле. Кількість витків обидвох обмоток однакова, і по них проходить струм однієї сили. Так як струм на втягуючій обмотці у цьому випадку змінює напрям, магнітну рушійну силу обмоток створюють два рівних, але протилежно спрямованих магнітних потоки. Осердя електромагніту розмагнічується, і поворотна пружина, переміщаючи якір реле у вихідне положення, розмикає силові контакти і виводить шестірню з зачеплення з вінцем маховика.

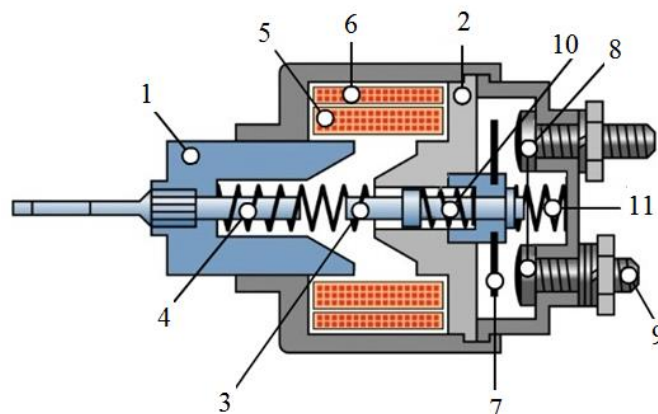


Рис. 7.4. Схема тягового реле стартера:

1 – якір; 2 – осердя; 3 – шток; 4 – зворотна пружина; 5 – втягуюча обмотка; 6 – утримуюча обмотка; 7 – контактна пластина; 8 – контакти; 9 – контактний болт; 10 – пружина стиску; 11 – зворотна пружина

Схема включення стартера в систему електрообладнання автомобіля наведена на рисунку 7.5.

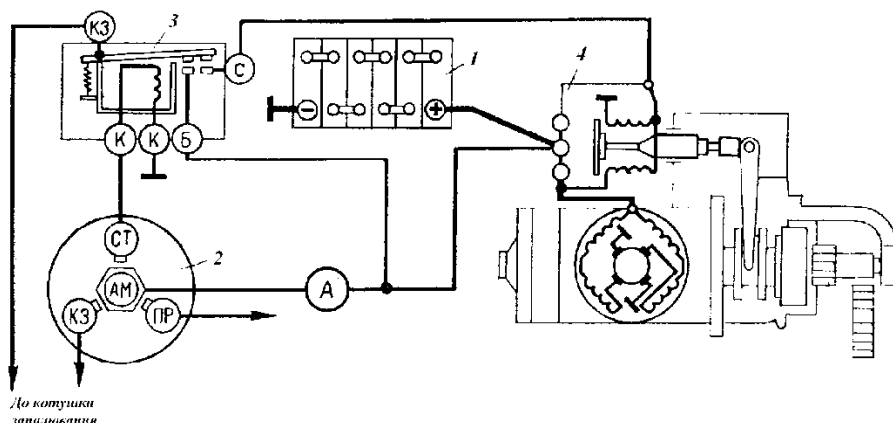


Рис. 7.5. Схема включення стартера в електричне коло:

1 – акумуляторна батарея; 2 – вмикач запалювання; 3 – додаткове реле стартера; 4 – втягуюче реле стартера

З метою зменшення маси стартера, а відповідно і його габаритів, збільшують передатне число у приводі від вала стартера до колінчастого вала двигуна. З цією метою на стартерах встановлюють редуктор між валом електричного двигуна та валом привідної шестірні. Передатне число такого редуктора рівне 3 – 4.

Наявність редуктора дозволяє зменшити величину крутного моменту, який розвиває електричний двигун стартера. А це в свою чергу призводить до зменшення сили струму, який споживає стартер. Оскільки параметри акумуляторної батареї визначаються саме стартером (силою струму, яку він споживає), це дозволяє застосовувати для запуску двигуна акумуляторні батареї меншої ємності, а відповідно з меншими габаритами та масою.

На стартерах застосовують циліндричні рядні редуктори (з зовнішнім чи внутрішнім зачепленням), або планетарні (рис. 7.6).

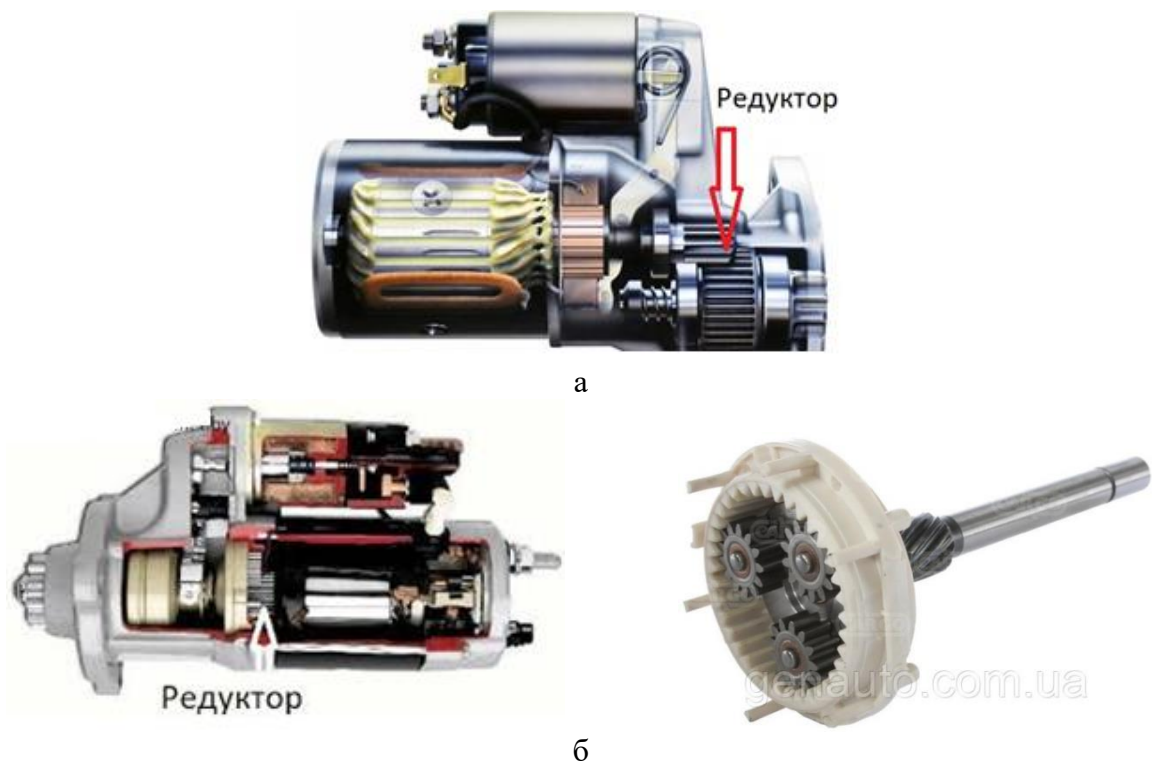


Рис. 7.6. Стартери з редуктором:

а – рядний циліндричний редуктор з зовнішнім зачепленням; б – планетарний редуктор

Недоліком стартерів з редуктором є висока частота обертання вала електричного двигуна (15000 – 20000 об/хв в режимі холостого ходу), що спричиняє шумність роботи, важчі умови роботи муфти вільного ходу та зростання навантаження на щітко-колекторний вузол.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити електричну схему стартера з електромагнітним включенням.
2. Ознайомитися з будовою стартера СТ230-Б чи СТ130-Б. Звернути увагу на призначення, будову та роботу роликової муфти вільного ходу. Ознайомитися з основними регулюваннями стартера.
3. Ознайомитися з конструктивними особливостями стартера СТ142 (КамАЗ). Звернути увагу на будову та роботу механізму привода.
4. Ознайомитися з конструктивними особливостями стартерів з редуктором.

Завдання до звіту

1. Виконати електричну схему стартера з електромагнітним включенням. Описати роботу стартера.
2. Вказати основні технічні дані стартерів, заповнивши таблицю 7.1.

Питання для самоконтролю

1. Опишіть будову стартера.
2. Опишіть будову стартера з електромагнітним приводом. Вкажіть шлях струму в колі системи запуску.
3. Опишіть будову та роботу механізму привода стартера.
4. Які конструктивні особливості стартера автомобіля КамАЗ?

Таблиця 7.1. Технічні дані стартерів

Параметри	Марка стартера		
	СТ 230-Б	СТ 130-Б	СТ 142
Марка автомобіля	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	КамАЗ-5320
Потужність, кВт			
Номинальна напруга, В			
Параметри холостого ходу:			
– струм, А			
– частота обертання, хв ⁻¹			
Параметри повного гальмування:			
– струм, А			
– крутний момент, Н·м			

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов. Київ : Вища школа, 1991. 304 с.
2. Кисликов В.О. Будова й експлуатація автомобілів / В.О. Кисликов, В.В. Луцник. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. Київ, Моноліт, 2019. 288 с.
4. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с.
5. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Київ : Арістей, 2006. 280 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Вивчення будови та роботи системи запалювання

Мета: вивчити будову та роботу системи запалювання, виявити конструктивні та експлуатаційні особливості агрегатів батарейної контактної, батарейної контактної-транзисторної та безконтактної систем.

Обладнання: стенд «Система запалювання», агрегати систем, плакати.

Питання для самопідготовки

1. Призначення, будова та принцип дії батарейної контактної системи запалювання.
2. Момент запалювання пальної суміші та необхідність його регулювання. Регулятори системи запалювання.
3. Особливості будови та роботи батарейної контактної-транзисторної та безконтактної систем запалювання.

Теоретичні відомості

Батарейна контактна система запалювання

Система батарейного запалювання (рис. 8.1) складається з акумуляторної батареї як джерела струму низької напруги (12 В); котушки запалювання 5 з первинною і вторинною обмотками і резистором 6, що перетворює струм низької напруги (12В) у струм високої напруги (24000 В); переривника 4 з рухомим і нерухомим контактами струму низької напруги та кулачкової муфти для переривання (розмикання) ланцюга струму низької напруги в задані моменти для того, щоб одержати пульсуючий струм у первинній обмотці котушки запалювання. До корпусу переривника кріпиться вакуумний регулятор випередження запалювання; конденсатор 3, включений паралельно до контактів переривника і нагромаджуючий струми самоіндукції у момент розмикання контактів переривника, оберігаючи їх від підгоряння.

У момент замикання контактів конденсатор розряджається у напрямку основного струму і таким чином сприяє одержанню струму високої напруги у вторинній обмотці котушки запалювання. Наступним вузлом системи є розподільник 12 з вивідними клемами і струморозподільною пластиною 11, призначеною для розподілу (рознесення) струму високої напруги по свічах запалювання відповідно до порядку роботи циліндрів двигуна. Свічки запалювання 1 закручені безпосередньо в камеру згоряння циліндра і призначені для утворення електричної іскри з метою запалювання стиснутої пальної суміші. До свічок струм підводиться по проводах високої напруги 1 з опорами 2 подавлення радіо- і телеперешкод. Також у системі наявні замок (вмикач) запалювання та амперметр.

Зазвичай розподільником 12 струму високої напруги є кришка переривника. Називається такий агрегат переривник-розподільник.

Працює система батарейного запалювання так. При включеному замку запалювання і замкнутих контактах переривника струм низької напруги піде

від «+» акумуляторної батареї через амперметр 8, замок запалювання 9 і додатковий опір 6 в первинну обмотку котушки запалювання 5, де створить магнітне поле, на вивідну клему переривника, ізольовану від “маси”, по замкнутих контактах переривника на корпус переривника і на «-» батареї.

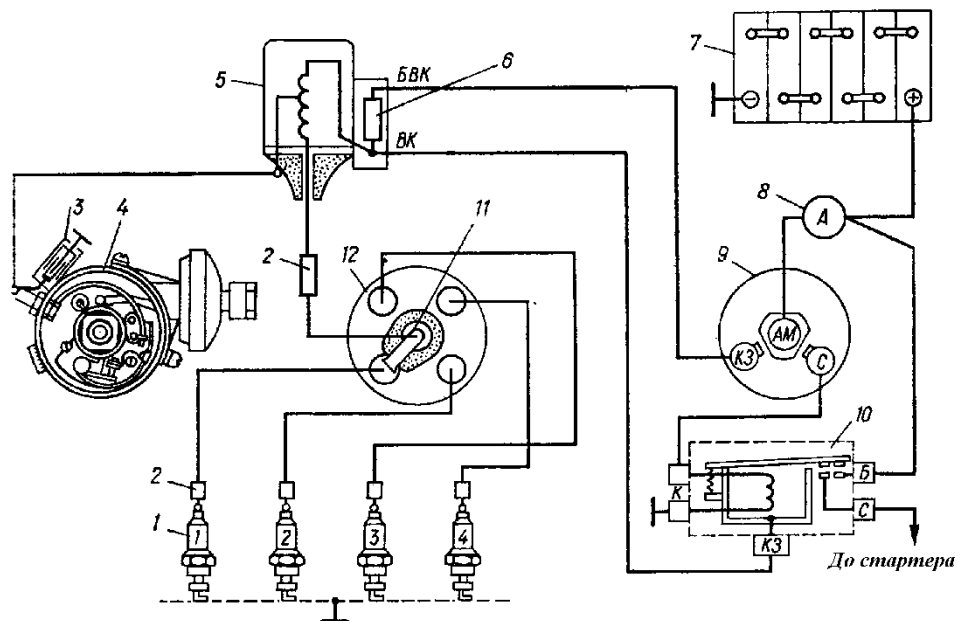


Рис. 8.1. Схема батарейної контактної системи запалювання:

- 1 – свічка запалювання; 2 – опір подавлення радіо – і телеперешкод; 3 – конденсатор;
4 – переривник; 5 – котушка запалювання; 6 – резистор; 7 – акумуляторна батарея;
8 – амперметр; 9 – замок запалювання; 10 – тягове реле стартера; 11 – струморозподільна пластина; 12 – розподільник

Під час обертання колінчатого вала грань кулачка переривника, впливаючи на опорну п'яту важеля рухомого контакту, відводить його від нерухомого, тобто розмикає контакти, електричний ланцюг переривається, струм зникає, а магнітні силові лінії первинної обмотки перетинають витки вторинної обмотки, індукуючи в них струм високої напруги. Струм високої напруги, що утворився, йде по проводу високої напруги на центральну клему розподільника і на струморозподільну пластину 11, встановлену на кулачковій муфті, що обертається разом з валом переривника. При обертанні струморозподільної пластини вона по черзі підходить до нерухомих клем розподільника, між якими є невеликий зазор. Струм проходить через нерухому клему розподільника і по проводу високої напруги на центральний електрод свічки 1, з центрального на бічний електрод, з'єднаний з масою, у вигляді іскри, тому що між електродами свічки є зазор 0,6–0,9 мм (батарейна система запалювання) чи 1,1–1,2 мм (контактно-транзисторна система запалювання).

Іскра запалює стиснуту пальну суміш у циліндрі двигуна. Далі струм по «масі» надходить на «-», по поверхні електроліту на «+» батареї, амперметр, замок запалювання, додатковий опір і в первинну обмотку котушки запалювання, а з неї у вторинну, тому що обмотки з'єднані. Кількість граней на кулачковій муфті відповідає кількості циліндрів двигуна, що забезпечує одержання іскри в кожному циліндрі.

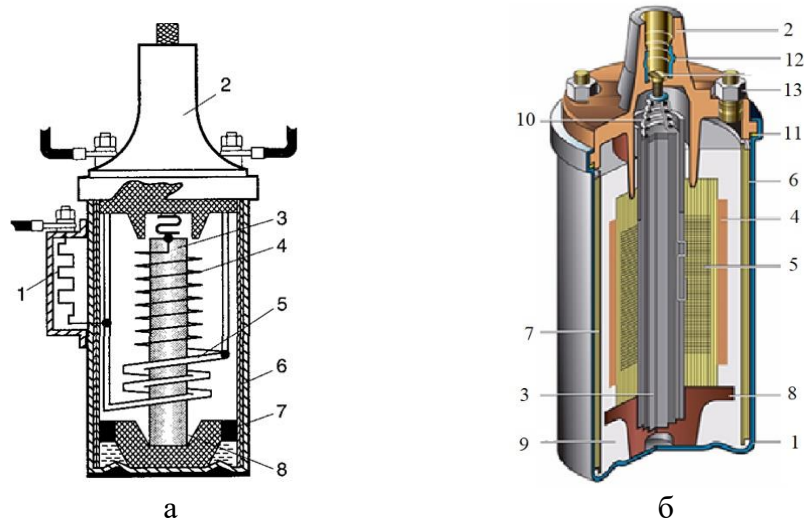


Рис. 8.2. Катушка запалювання:

а – автотрансформаторна схема; 1 – додатковий резистор; 2 – кришка; 3 – осердя; 4 – вторинна обмотка; 5 – первинна обмотка; 6 – кільцевий магнітопровід; 7 – ізолююча втулка; 8 – ізолятор; б – трансформаторна схема; 1 – кожух; 2 – кришка; 3 – осердя; 4 – первинна обмотка; 5 – вторинна обмотка; 6 – кільцевий магнітопровід; 7 – картонна прокладка; 8 – ізолятор; 9 – трансформаторна олива; 10 – контактна пружина; 11 – ущільнювальна прокладка; 12 – контактне гніздо; 13 – вивідна клемма

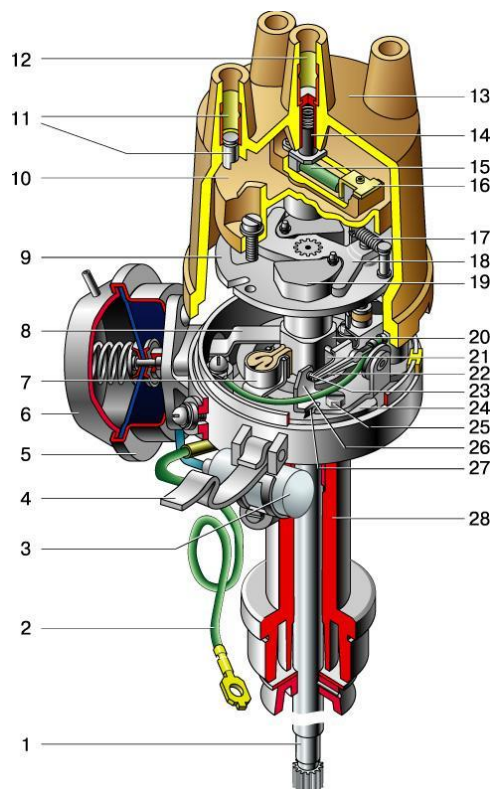


Рис. 8.3. Переривник-розподільник контактної системи запалювання:

1 – вал розподільника; 2 – провідник з'єднання з «масою» автомобіля; 3 – конденсатор; 4 – зачіпка кришки розподільника; 5, 6 – кришки корпусу вакуумного регулятора; 7 – змащувач кулачка розподільника; 8 – тяга вакуумного регулятора; 9 – опорна пластина відцентрового регулятора; 10 – ротор розподільника; 11 – бокова клемма з затискачем; 12 – центральна клемма; 13 – кришка розподільника; 14 – вугільний контакт; 15 – резистор; 16 – розносна пластина; 17 – пружина тягарця відцентрового регулятора; 18 – планка відцентрового регулятора; 19 – тягарець; 20 – кулачок; 21 – пружна пластина; 22 – рухомий контакт; 23 – нерухомий контакт; 24 – рухомий диск переривника; 25 – стопорний гвинт; 26 – пластина з нерухомим контактом; 27 – паз рухомої пластини; 28 – корпус

Котушка запалювання батарейної контактної системи запалювання (рис. 8.2 а) виконана за автотрансформаторною схемою (первинна і вторинна обмотки з'єднані між собою). Котушка заповнена трансформаторною оливою для кращої ізоляції витків обмоток та охолодження. Такі котушки називають «мокрими».

Недоліки батарейної системи запалювання наступні. У батарейній системі запалювання через контакти переривника протікає струм великої сили, необхідний для створення магнітного поля в первинній обмотці котушки запалювання. Однак такий струм викликає швидке окислювання (підгорання) і знос контактів. Контакти, що окислилися, підвищують опір первинного ланцюга, а перенос металу з рухомого контакту на нерухомий викликає утворення виступу (горбика) на нерухомому контакті і западини на рухомому. Зазор між контактами збільшується, сила струму в первинному колі знижується, викликаючи зменшення напруги у вторинному колі. Крім того, збільшується кут випередження запалювання. Тому утрудняється пуск і знижується потужність і економічність двигуна. Зі збільшенням частоти обертання колінчатого вала різко знижується сила струму низької напруги через зменшення часу перебування контактів у замкнутому стані, у результаті чого зменшується напруга у вторинному колі, що викликає перебої в запалюванні пальної суміші в циліндрах двигуна. Та ж проблема виникає при збільшенні кількості циліндрів, наприклад з чотирьох до шести чи восьми.

Батарейна контактнo-транзисторна система запалювання

Зазначених вище недоліків позбавлена транзисторна система запалювання, що може бути контактною і безконтактною. Особливість контактнo-транзисторної системи запалювання полягає в тому, що в ній через контакти переривника проходить тільки струм керування транзистором, величина якого лише 0,3–0,8 А, але не проходить робочий струм низької напруги, величина якого досягає 8А, що виключає окислювання (підгорання) контактів, підвищує надійність роботи системи запалювання. У транзисторній системі запалювання напруга у вторинному колі на 25–30 % більша порівняно з контактною системою запалювання, що дає змогу збільшити зазор між електродами свічок до 1,2 мм і одержати довшу іскру, яка входить у контакт з пальною сумішшю, що сприяє швидшому і повнішому згорянню навіть збідненої суміші. У результаті полегшується пуск, покращується приємність і економічність роботи двигуна. Контакти переривника служать довше.

Контактнo-транзисторна система запалювання (рис. 8.4) складається з акумуляторної батареї; замка (вмикача) запалювання; додаткових резисторів; транзисторного комутатора ТК-102; переривника; розподільника; свічок запалювання; котушки запалювання і опорів для подавлення радіо- і телеперешкод.

Транзисторний комутатор змонтований в алюмінієвому ребристому корпусі, встановленому в кабіні автомобіля, і має чотири затискачі «Р», «К», «М» і один затискач без позначення. Затискач «М» надійно з'єднаний з масою багатожильним проводом; затискач «К» – із затискачем котушки запалювання;

затискач без позначення – з відповідним затискачем цієї ж котушки запалювання і затискач «Р» – з рухомих контактах переривника.

Контактно-транзисторна система запалювання працює так. При виключеному запалюванні і розімкнутих контактах переривника транзистор закритий. З включенням запалювання і при замкнутих контактах (рис. 8.4.) переривника 10 утвориться коло струму керування транзистором: «+» акумуляторної батареї 15 – затискач стартера – вмикач запалювання 17 – резистори 18 – первинна обмотка котушки запалювання 14 – затискач без позначення транзисторного комутатора 1 – вторинна обмотка імпульсного трансформатора 9 – резистор 8 – емітер – база транзистора 7 – первинна обмотка імпульсного трансформатора 9 – контакти переривника 10 – «маса» – акумуляторної батареї 15.

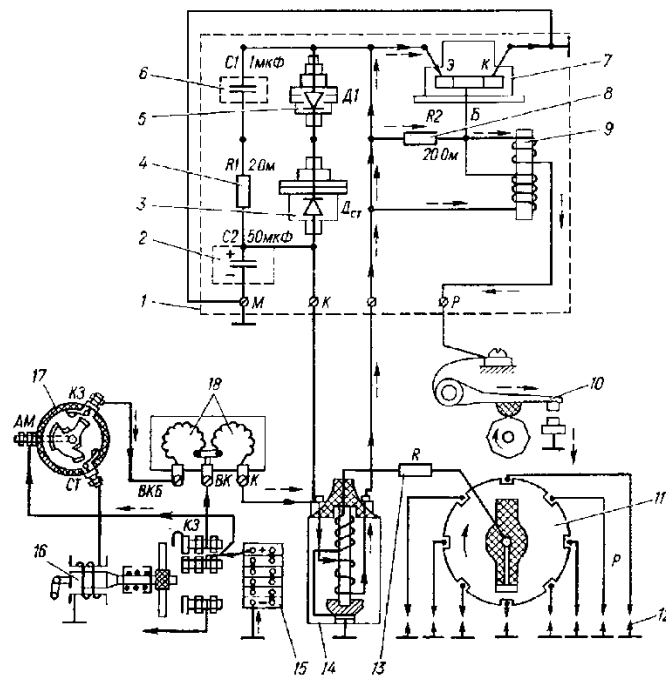


Рис. 8.4. Контактно-транзисторна система запалювання:

- 1 – транзисторний комутатор; 2, 6 – конденсатори; 3 – стабілітрон; 4, 8 – резистори; 5 – діод;
 7 – транзистор; 9 – імпульсний трансформатор; 10 – переривник; 11 – розподільник;
 12 – свічка запалювання; 13 – резистор; 14 – котушка запалювання; 15 – акумуляторна батарея; 16 – втягуюче реле стартера; 17 – вмикач запалювання; 18 – додаткові резистори

У результаті проходження струму керування через перехід емітер – база транзистора опір переходу емітер – колектор знижується і транзистор відкривається. Утвориться такий ланцюг робочого струму низької напруги: «+» батареї – затискач стартера – вмикач запалювання 17 – резистори 18 – первинна обмотка котушки запалювання – емітер – база – колектор – затискач «М» транзисторного комутатора – «маса» – «-» батареї. Завдяки невеликому опору транзистора в первинній обмотці котушки запалювання створюється сильне магнітне поле, що сприяє одержанню вищої (до 30000 В) напруги у вторинній обмотці. При обертанні колінчатого вала грань кулачкової муфти впливає на важіль рухомого контакту 10, перериваючи ланцюг струму керування, і транзистор закривається, що веде до переривання ланцюга робочого струму низької напруги. Водночас у вторинній обмотці імпульсного трансформатора 9

індукується ЕРС взаємоіндукції, дія якої протилежна напрямку робочого струму низької напруги. У результаті цього прискорюється закривання транзистора. При різкому перериванні струму в первинній обмотці котушки запалювання її магнітні силові лінії, зникаючи, перетинають витки вторинної обмотки й у них індукується струм високої напруги (до 30000 В). Цей струм проходить по проводу високої напруги через опір 13 подавлення радіо- і телеперешкод на центральну клему розподільника 11. Далі струморозподільною пластиною підводиться до бокового електрода і по проводу на свічки запалювання 12, запалює пальну суміш і по «масі» повертається на корпус котушки запалювання 14 і у вторинну обмотку котушки запалювання. Отже, струм високої напруги не проходить через транзистор, що запобігає його пробою і підвищує надійність роботи системи запалювання.

Одночасно в первинній обмотці котушки запалювання тими ж магнітними силовими лініями індукується струм самоіндукції напругою до 100 В, що може пошкодити (пробити) транзистор. Тому паралельно до первинної обмотки котушки запалювання послідовно включені діод 5 і стабілітрон 3, із зустрічним напрямком прямих провідностей. Діод перешкоджає протіканню струму через стабілітрон, минаючи первинну обмотку котушки запалювання. Стабілітрон пропускає струм самоіндукції, якщо напруга його перевищує 100 В. У результаті загальна напруга в ланцюзі первинної обмотки котушки запалювання знижується.

У момент розмикання контактів переривника в первинній обмотці імпульсного трансформатора також індукується ЕРС самоіндукції. Вона заряджає конденсатор 6, що потім розряджається на резистор 4, який перетворює електричну енергію в теплову. Електролітичний конденсатор 2 включений паралельно до генератора й акумуляторної батареї і захищає транзистор від імпульсних перенапруг, що виникають у ланцюзі генератор – батарея у випадку вимикання батареї, обриву однієї з фаз обмотки статора генератора змінного струму, обриву проводу, що з'єднує корпуси генератора і регулятора напруги. У цьому випадку конденсатор 2 буде заряджатися, що знизить напругу в колі приладів, запобігаючи пробіям транзистора.

Котушка запалювання батарейної контактно-транзисторної системи запалювання (рис. 8.2 б) виконана за трансформаторною схемою (первинна і вторинна обмотки не з'єднані між собою). За такої конструкції струм високої напруги, який індукується у вторинній обмотці, не проходить через транзисторний комутатор, що запобігає виходу з ладу транзистора. Котушка також є «микрою» - заповнена трансформаторною оливою.

Слабким місцем системи залишаються контакти переривника, які все одно з часом окислюються, потребують проведення регулювань чи заміни.

Для регулювання моменту запалювання пальної суміші у системах запалювання використовують спеціальні регулятори. У розглянутих вище системах таких регуляторів два: відцентровий та вакуумний. На батарейних контактних і контактно-транзисторних системах запалювання також встановлювались октан-коректори, які дозволяли вручну відкоригувати момент запалювання із зміною октанового числа бензину, що заливався у паливний бак.

Відцентровий регулятор (рис. 8.5) автоматично змінює момент запалювання пальної суміші із зміною частоти обертання колінчастого вала двигуна. Регулятор складається з двох тягарців 8, які насаджені на осі 7, закріплені на пластині 6 приводного вала 5, і стягуються двома пружинами 4. На тягарцях є штифти 9, які входять у прорізи планки 10 кулачкової муфти 11 переривника. Якщо частота обертання колінчастого вала збільшується, тягарці під дією відцентрових сил розходяться й повертають кулачкову муфту на деякий кут у напрямі обертання вала переривника. Це забезпечує більш раннє розмикання контактів переривника і пальна суміш запалюється раніше (кут випередження запалювання збільшується). При малих обертах колінчастого вала двигуна відцентровий регулятор не працює.

Вакуумний регулятор (рис. 8.6) автоматично змінює момент запалювання зі зміною навантаження на двигун (зміною ступеня відкривання дросельних заслінок). Вакуумна камера регулятора діафрагмою поділяється на дві порожнини. Одна порожнина сполучена з атмосферою, а інша - із впускним трубопроводом двигуна (під дросельною заслінкою карбюратора). Коли заслінки закриваються, розрідження у впускному трубопроводі, а відповідно і в корпусі вакуумного регулятора, збільшується. При цьому діафрагма 3 прогинається, долаючи опір пружини 4, та через тягу 5 повертає рухомий диск 6 з контактами 7 у бік, протилежний обертанню кулачка 8. При цьому контакти розмикаються раніше (кут випередження запалювання збільшується). При відкриванні дросельної заслінки, розрідження зменшується, пружина вигинає діафрагму в протилежний бік, повертаючи диск 4 переривника у бік зменшення випередження запалювання.

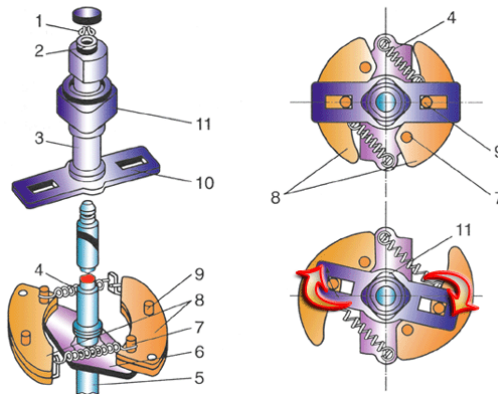


Рис. 8.5. Відцентровий регулятор моменту запалювання:

1 – фіксатор; 2 – шайба; 3 – вал траверси; 4 – пружина; 5 – приводний вал;
6 – пластина; 7 – штифт пружини; 8 – відцентрові вантажі; 9 – штифти що вставляються у пази траверси; 10 – траверса; 11 – кулачки

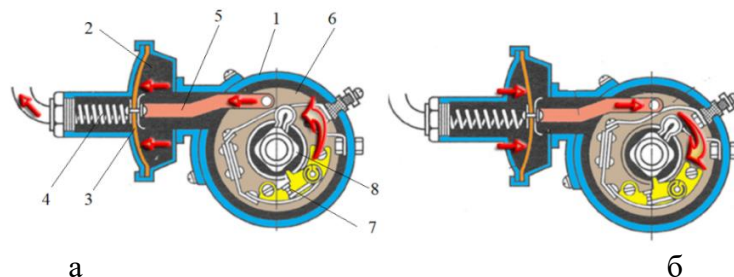


Рис. 8.6. Вакуумний регулятор моменту запалювання:

1 – корпус переривника-розподільника; 2 – вакуумна камера; 3 – діафрагма; 4 – пружина;
5 – тяга; 6 – рухомий диск; 7 – контакти переривника; 8 - кулачок

Батарейна безконтактна система запалювання

У безконтактних системах запалювання механічний переривник замінено безконтактним датчиком. Відомі ряд безконтактних датчиків, в основу роботи яких покладено різні фізичні явища. У перших безконтактних системах запалювання використовували магнітоелектричні датчики імпульсів змінного струму. У сучасних системах запалювання переважне використання отримали датчики на ефекті Холла.

Оскільки в таких системах запалювання відсутній механічний переривник, переривники-розподільники називають датчиками-розподільниками.

Принципові схеми систем показані на рис. 8.7.

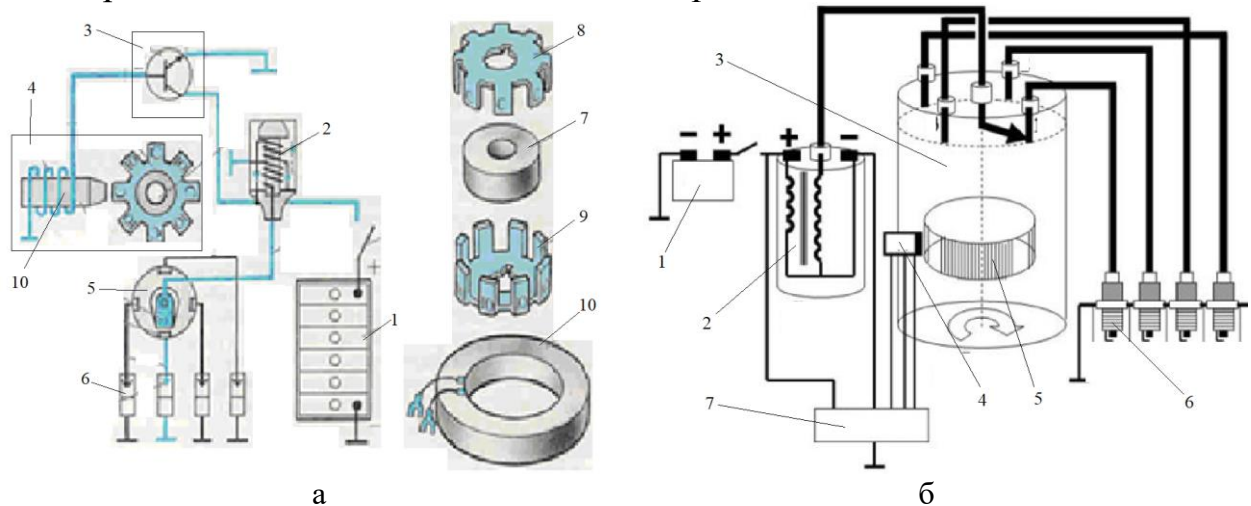


Рис. 8.7. Принципові схеми безконтактних систем запалювання:

- а – з магнітоелектричним датчиком; 1 – акумуляторна батарея; 2 – котушка запалювання; 3 – транзисторний комутатор; 4 – датчик імпульсів; 5 – розподільник; 6 – свічка запалювання; 7 – магніт; 8, 9 – полюсні наконечники; 10 – статор датчика;
- б – з датчиком Холла; 1 – акумуляторна батарея; 2 – котушка запалювання; 3 – датчик-розподільник; 4 – датчик Холла; 5 – екран ротора; 6 – свічка запалювання; 7 – комутатор

Магнітоелектричний датчик імпульсів складається з ротора і статора (рис. 8.7, 8.8). Ротор являє собою восьмиполюсний магніт (для восьмициліндрового двигуна), який жорстко закріплений на валу переривника-розподільника і складається з кільцевого постійного магніту та двох сталевих наконечників. Статор складається зі сталевого циліндра, двох сталевих полюсних наконечників та обмотки. При обертанні ротора датчика магнітний потік, створений постійним магнітом, перетинає витки обмотки статора і призводить до індукування синусоїдальної електрорушійної сили (е.р.с.). Імпульси змінної е.р.с. поступають на вхід транзисторного комутатора, який перериває первинне коло системи запалювання. Недоліком такого магнітоелектричного датчика є слабкий сигнал на виході при низькій частоті обертання колінчастого вала двигуна, що потребує його додаткової обробки.

Датчик Холла безконтактний, мікроелектронний. Його робота базується на використанні ефекту Холла (рис. 8.9 а). Ефектом Холла називається явище, що полягає в тому, що при пропусканні струму I вздовж напівпровідникової пластинки, поміщеної перпендикулярно до ліній зовнішнього магнітного поля B , виникає поперечна різниця потенціалів V внаслідок взаємодії носіїв заряду з

магнітним полем. Датчик складається з постійного магніту, пластини напівпровідника й інтегральної мікросхеми (рис. 8.9 б). Між пластинкою і магнітом є зазор.

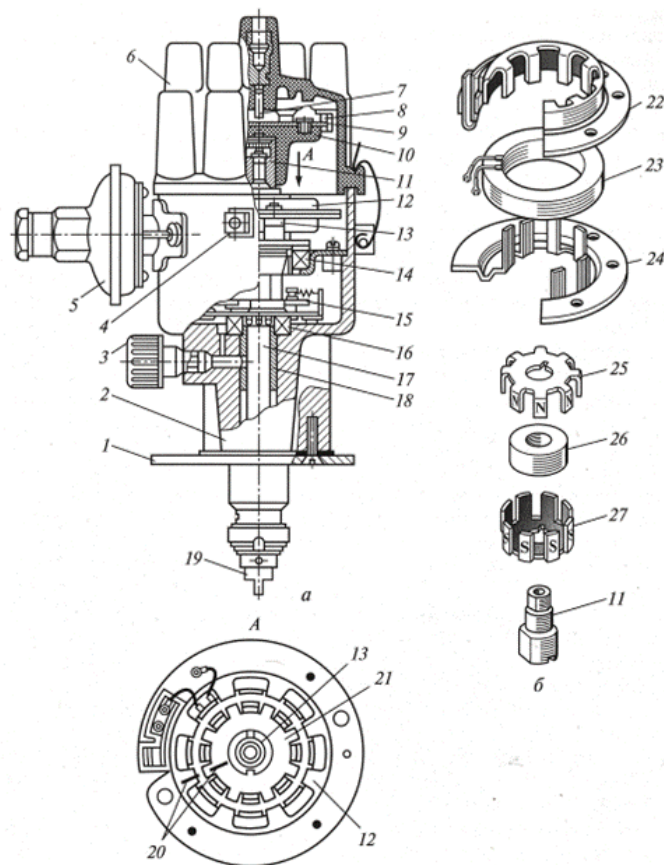


Рис. 8.8. Датчик-розподільник безконтактної система запалювання з магнітоелектричним датчиком:

1 – опорна пластина; 2 – корпус розподільника; 3 – маслянка; 4 – вивідна клемма; 5 – вакуумний регулятор; 6 – кришка розподільника; 7 – центральний вугільний електрод з пружиною; 8 – зовнішній контакт ротора; 9 – центральний контакт ротора; 10 – ротор; 11, 18 – втулки; 12 – статор магнітоелектричного датчика; 13 – регулювальні шайби; 14, 16 – підшипники; 15 – відцентровий регулятор випередження запалювання; 17, 19 – валик розподільника; 20 – магнітоелектричний датчик; 21 – ротор магнітоелектричного датчика; 22, 24 – полюсні пластини; 23 – обмотка; 25, 27 – полюсні наконечники; 26 – кільцевий постійний магніт



Рис. 8.9. Елементи датчика-розподільника з датчиком Холла:

а – ефект Холла; б – датчик Холла; 1 – ротор; 2 – екран, 3 – тримач датчика Холла, 4 – постійний магніт; 5 – датчик Холла, 6 – повітряний зазор

У зазорі датчика розташований сталевий ротор (екран) з чотирма прорізами (кількість прорізів відповідає кількості циліндрів у двигуні). Коли через зазор проходить проріз екрана, то на пластинку напівпровідника діє магнітне поле і з неї знімається різниця потенціалів. Якщо ж у зазорі є тіло екрана, то магнітні силові лінії замикаються через екран і на пластинку не діють. У цьому випадку різниця потенціалів на пластинці не виникає. Е.р.с. Холла поступає на вхід електронного комутатора, який перериває первинне коло системи запалювання.

Нижче описано будову розподільника з датчиком Холла, що встановлюється на легкових автомобілях.

Корпус 2 (рис. 8.10.) відлитий з алюмінієвого сплаву. Валик 1 обертається в двох пористих металокерамічних втулках, просочених олією. Основні частини датчика-розподільника запалювання: датчик, відцентровий регулятор випередження запалювання, вакуумний регулятор випередження запалювання і розподільник запалювання.

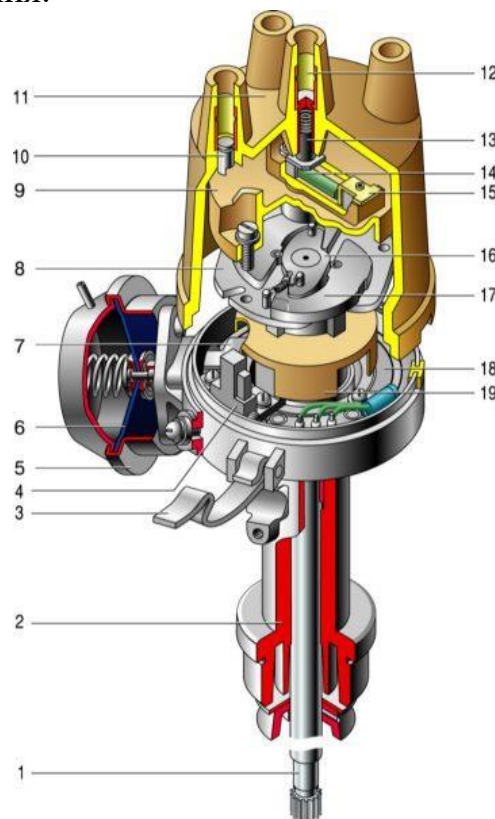


Рис. 8.10. Датчик-розподільник безконтактної систем запалювання з датчиком Холла:

1 – вал; 2 – корпус датчика-розподільника; 3 – зачіпка; 4 – безконтактний датчик (датчик Холла); 5 – корпус вакуумного регулятора; 6 – діафрагма; 7 – тяга вакуумного регулятора; 8 – опорна пластина відцентрового регулятора; 9 – ротор розподільника запалювання; 10 – боковий електрод; 11 – кришка; 12 – центральний електрод; 13 – вугільник контакт; 14 – резистор; 15 – зовнішній контакт ротора; 16 – пластина відцентрового регулятора; 17 – тягарець відцентрового регулятора; 18 – опорна пластина безконтактного датчика; 19 – екран

Інтегральна мікросхема, вбудована в датчик Холла, перетворює різницю потенціалів, що створюється на пластинці, у негативні імпульси напруги визначеної величини на виході датчика. Коли екран перебуває у зазорі датчика, то на його виході є напруга приблизно на 3 В менша від напруги живлення.

Якщо ж через зазор датчика проходить проріз екрана, то напруга на виході датчика близька до нуля (не більша 0,4 В).

Розподільник складається з ротора 9, встановленого на кінці валика 1, і електродів 10, залитих у пластмасовій кришці 11. До пластмасового ротора 9 приклепані і залиті епоксидною смолою центральний та зовнішній контакти, а також резистор опором 1 КОм, призначений для придушення радіоперешкод. У центральний контакт ротора упирається підпружинений вугільний контакт 13, що передає імпульси високої напруги від котушки запалювання до ротора. При обертанні ротора ці імпульси передаються від зовнішнього контакту до бічних електродів і далі – до свічок запалювання.

Відцентровий регулятор випередження запалювання складається з ведучої пластини 16, закріпленої на валику 1, веденої пластини і двох тягарців 17. Тягарці обертаються на осях, приклепаних до ведучої пластини. До втулки веденої пластини приклепаний екран 19. Таким чином, ведена пластина складає єдине ціле з екраном 19 і може повертатися в невеликих межах на валику 1.

Вакуумний регулятор випередження запалювання 5 закріплений на корпусі датчика-розподільника. Між корпусом і кришкою регулятора затиснута діафрагма 6. З одного боку до діафрагми кріпиться тяга 7, а з іншого пружина. Тяга шарнірно з'єднана з опорною пластиною 18, на якій установлений безконтактний датчик. Під дією розрідження діафрагма прогинається і через тягу 7 повертає пластину 18 разом з датчиком проти напрямку обертання валика 1 з екраном 19.

Мікропроцесорні системи запалювання

У системах запалювання, розглянутих вище, розподіл високої напруги між свічками запалювання здійснюється механічним розподільником. Недоліком такої конструкції є підгорання і окислення бокових електродів, центрального електрода та вугільного контакту, чутливість до забруднення деталей та цілісності кришки розподільника, високий рівень радіоперешкод при роботі.

Сучасні засоби електроніки дозволили здійснити розподіл високовольтих імпульсів між циліндрами двигуна шляхом комутації низьковольтного кола котушки (чи котушок) запалювання. Такий спосіб розподілу високої напруги називають електронним, або статичним.

На рис. 8.11 показані практичні варіанти схем електронного розподілу для чотиритактного чотирициліндрового двигуна.

В системі запалювання з застосуванням одновивідних котушок запалювання традиційного виконання (рис. 8.11 а) кожен циліндр двигуна оснащується власною котушкою, що має індивідуальний комутатор. Керує роботою комутаторів контролер.

У другому варіанті (рис. 8.11 б) застосовується дві двовивідні котушки, момент запалювання яких зміщений на 360° за кутом повороту колінчастого вала. При спрацюванні котушки іскроутворення відбувається одночасно у двох циліндрах, в яких поршні рухаються синхронно (пари перший - четвертий та другий – третій). При цьому одна іскра виникає на такті розширення (холоста іскра), а друга – на такті стиску (робоча іскра). Для чотирициліндрового

двигуна потрібно дві котушки запалювання, кожна з яких керується власним комутатором.

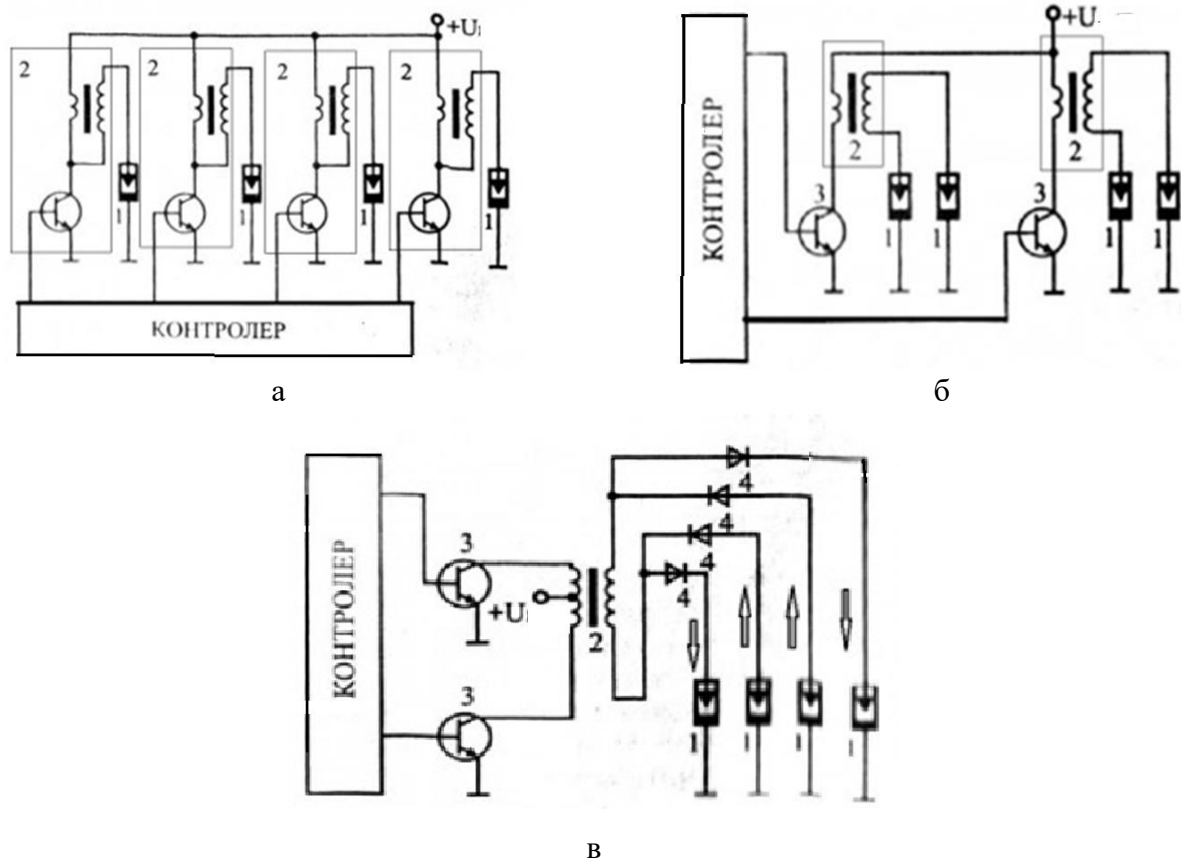


Рис. 8.11. Принципові схеми мікропроцесорних систем запалювання:

а – з індивідуальними котушками запалювання; б – з двовивідними котушками запалювання; в – з чотирививідною котушкою запалювання; 1 – свічка запалювання; 2 - котушка запалювання; 3 – транзистор; 4 – високовольтні діоди

У третьому варіанті (рис. 8.11.в) використовується одна чотирививідна котушка запалювання, що має дві, включені зустрічно, первинні обмотки, які намагнічують осердя в двох напрямках. Розподіл високовольтних імпульсів по циліндрах двигуна здійснюється з допомогою випрямляча на високовольтних діодах, підключеного до обох кінців вторинної обмотки. Тут також дві свічки запалювання працюють одночасно.

Перший варіант компонування системи дозволяє розмістити котушки запалювання безпосередньо біля свічок запалювання і відмовитися від провідників високої напруги.

Усі котушки запалювання є «сухими». У них замість рідкої трансформаторної оливи використовують спеціальний наповнювач.

Мікропроцесорні системи запалювання використовують мікропроцесор або мікро ЕОМ, які дають можливість більш оперативно відтворювати задані характеристики моменту випередження запалювання. Автоматичне регулювання моменту випередження запалювання за необхідною характеристикою здійснюється з врахуванням частоти обертання колінчастого вала та навантаження двигуна, режимів роботи, температури і складу робочої суміші.

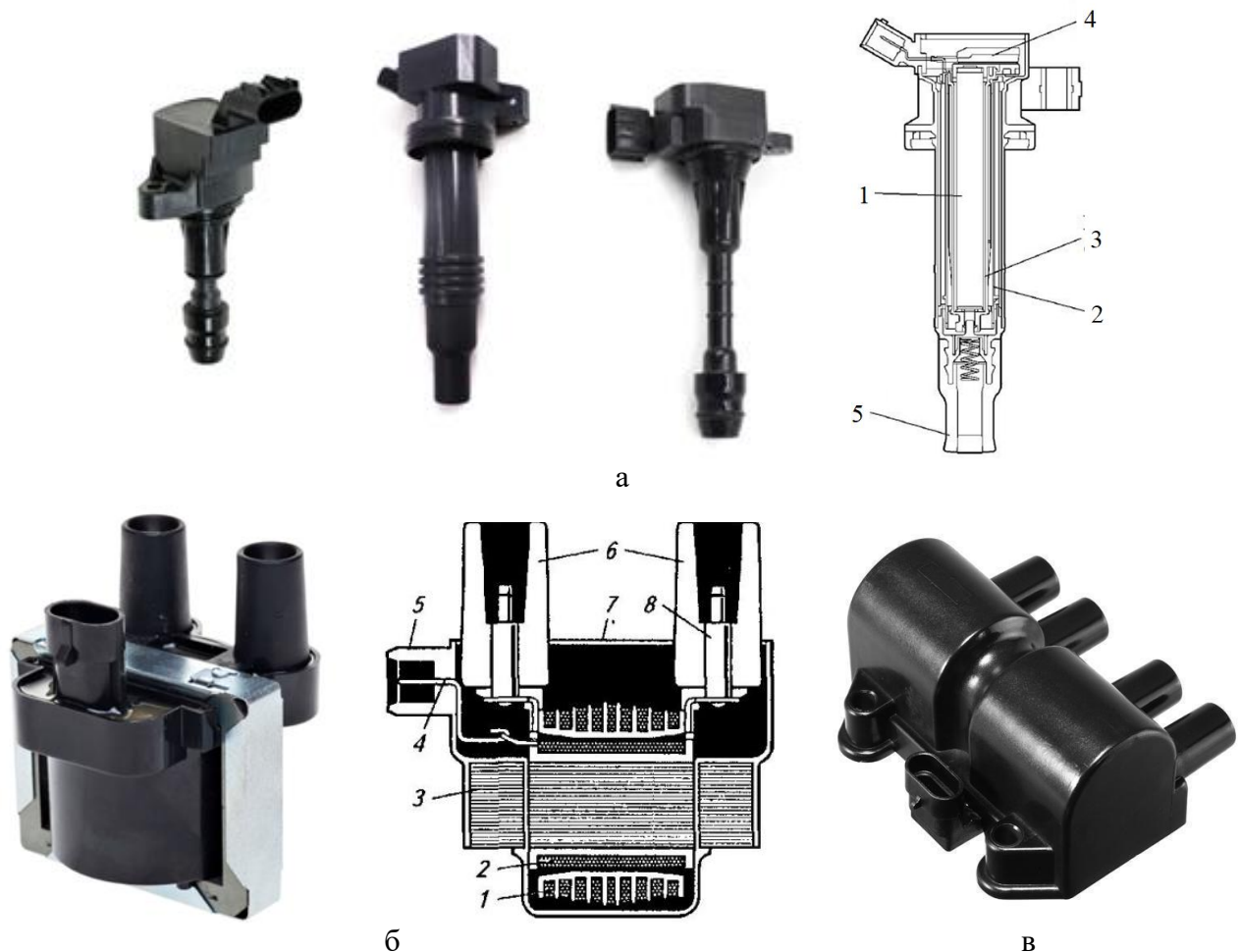


Рис. 8.12. Котушки запалювання:

а – одновивідні (індивідуальні); 1 – сталеве осердя; 2 – первинна обмотка; 3 – вторинна обмотка; 4 – вмонтований комутатор; 5 – наконечник свічки; б – двовивідна; 1 – первинна обмотка; 2 – вторинна обмотка; 3 – осердя; 4 – контакт низької напруги; 5 – роз'єм низької напруги; 6 – вивід високої напруги; 7 – корпус; 8 – контакт високої напруги;

в - чотирививідна

Свічки запалювання

Будова свічки запалювання показана на рис. 8.13.

Матеріал центрального електрода свічки повинен володіти високою корозійною і ерозійною стійкістю, жаростійкістю і доброю теплопровідністю. Центральні електроди виготовляють з хромтитанової сталі, а у деяких типах свічок – з ніхрому. Бокові електроди виготовляють з нікель-марганцевого сплаву. Корпус свічки виготовляють з конструкційних сталей.

Свічка запалювання працює нормально при температурі теплового конуса ізолятора від 400°C до 900°C. Нагар на конусі зникає при його нагріванні до температури 400-500°C. Цю температуру називають температурою самоочищення свічки запалювання. Якщо температура теплового конуса перевищує 850-900°C, може виникнути передчасне займання паливної суміші під час такту стискання ще до появи іскри. Таке явище називають жаровим запалюванням. У цьому випадку пальна суміш займається від контакту з перегрітим конусом ізолятора.

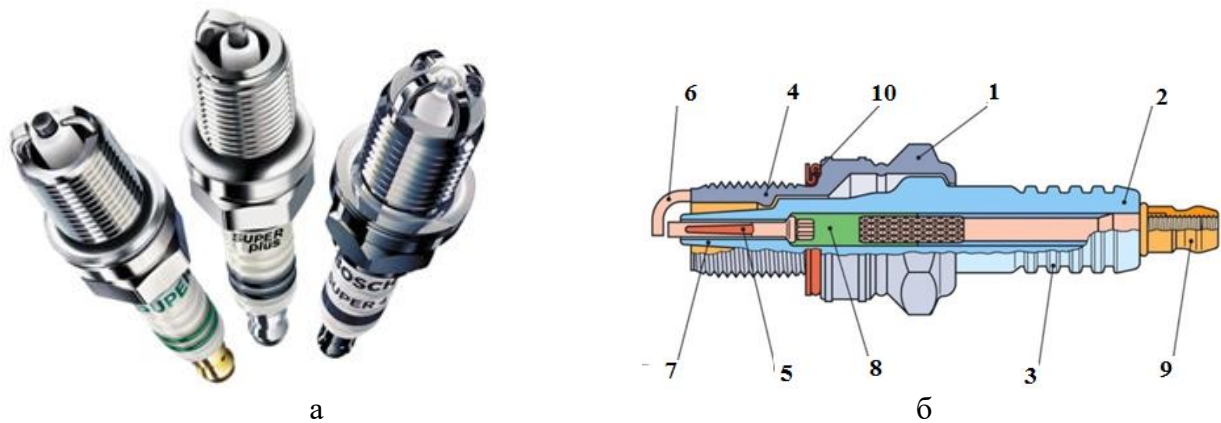


Рис. 8.13. Свічка запалювання:

а – загальний вигляд; б – будова; 1 – корпус; 2 – ізолятор; 3 – ребра (струмові бар'єри); 4 – різьбова частина; 5 – центральний електрод; 6 – боковий електрод; 7 – тепловий конус; 8 – резистор; 9 – контакт; 10 – ущільнювальна шайба

Тепло, підведене до свічки запалювання, відводиться від неї через корпус, ізолятор, центральний електрод і паливну суміш, яка поступила в циліндр. Оскільки оптимальний інтервал зміни температури для усіх свічок практично однаковий, а теплові умови їх роботи на різних двигунах суттєво відрізняються, свічки виготовляють з різною тепловою характеристикою. Теплова характеристика свічки запалювання відображається в її марці. При підборі свічок запалювання до конкретного двигуна слід враховувати рекомендації виробника.

Конструктивно свічки запалювання можуть відрізнятися кількістю бокових електродів. Розрізняють одноелектродні та багатоелектродні свічки. У багатоелектродних свічках запалювання бокових електродів може бути до чотирьох.

Одноелектродні свічки запалювання потребують обслуговування, яке полягає у перевірці та регулюванні (за потреби) теплового зазору між центральним та боковим електродами. Двоелектродна та чотириелектродна свічки запалювання зображені на рис. 8.13 а.

Завдання до лабораторної роботи

1. Вивчити загальну будову батарейної контактної системи запалювання. Установити розміщення та кріплення на автомобілі агрегатів системи. Вивчити робочі процеси в системі запалювання. Прослідкувати за схемою шлях струму низької та високої напруги в системі при запуску двигуна та при його роботі на інших режимах.

2. Вивчити будову агрегатів системи: котушки запалювання, переривника – розподільника, свічок запалювання. Звернути увагу на будову та роботу регуляторів системи: відцентрового, вакуумного, октан-коректора. Ознайомитися з методикою регулювання зазорів між контактами переривника та свічки запалювання.

3. Вивчити будову та роботу батарейної контактно-транзисторної системи запалювання. Звернути увагу на конструктивні особливості агрегатів системи: котушки запалювання, переривника-розподільника, транзисторного комутатора.

4. Вивчити будову та роботу батарейної безконтактної системи запалювання з датчиком Холла. Звернути увагу на конструктивні особливості агрегатів системи: котушки запалювання, переривника – розподільника, транзисторного комутатора.

5. Вивчити конструктивні особливості мікропроцесорних систем запалювання.

Завдання до звіту

1. Виконати схему батарейної контактної системи запалювання. На схемі вказати шлях струму високої та низької напруги. Коротко описати роботу системи.

2. Виконати схему батарейної безконтактної системи запалювання. На схемі стрілками вказати шлях струму високої та низької напруги.

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення системи запалювання?
2. З яких основних агрегатів складається батарейна контактна система запалювання?
3. Опишіть роботу батарейної контактної системи запалювання.
4. Регулятори системи запалювання, їх призначення та принцип дії.
5. Які недоліки батарейної контактної системи запалювання?
6. Які конструктивні особливості батарейної контактно-транзисторної системи запалювання?
7. Які конструктивні особливості батарейної безконтактної системи запалювання з датчиком Холла?
8. Які конструктивні особливості мікропроцесорних систем запалювання?
9. Що таке теплова характеристика свічки запалювання?

Література

1. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов. Київ : Вища школа, 1991. 304 с.
2. Кисликов В.О. Будова й експлуатація автомобілів / В.О. Кисликов, В.В. Луцник. Київ : Либідь, 2018. – 400 с.
3. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. Київ, Моноліт, 2019. 288 с.
4. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с.
5. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Київ : Арістей, 2006. 280 с.

Список використаних джерел

1. Акумуляторні батареї (АКБ). Призначення, будова і типи. URL: <https://green-way.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilja/rozdil43-akumuljatorna-batareja-pryznachennja-budova-i-vydy> (дата звернення 20.01.2025).
2. Боровських Ю. І. Будова автомобілів / Ю. І. Боровських, Ю. В. Буральов, К. А. Морозов. Київ : Вища школа, 1991. 304 с.
3. ДСТУ ГОСТ 959:2006. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/batarei_akumulyatorni_svincevi_starterni_dlya_avtotraktornoi_.pdf (дата звернення 20.01.2025).
4. Кисликов В. О. Будова й експлуатація автомобілів / В. О. Кисликов, В. В. Лущик. Київ : Либідь, 2018. 400 с.
5. Омелічев А.В. Підручник з будови автомобіля. Київ, Моноліт, 2019. 288 с.
6. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів. Київ : Каравела, 2009. 400 с.
7. Сирота В. І. Основи конструкції автомобілів. Київ : Арістей, 2006. 280 с.
8. Скварок Ю.Ю., Попович В.Д. Практичні заняття з навчальної дисципліни «Автомобілі». Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2022. 90 с.
9. Скварок Ю.Ю., Нижник Р.Р. Лабораторний практикум з будови автомобілів. Ч. 1. Механізми та системи двигуна. Електрообладнання. Дрогобич: РВВ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2010. 104 с.

Приклади завдань до контрольної роботи №2 на тему «Електрообладнання автомобіля»

Завдання 1. Містить 5 питань. Потрібно дати коротку відповідь на кожне питання. Кожна правильна відповідь оцінюється в 1 бал. Максимальна кількість балів за завдання – 5.

Приклади питань;

- 1.1. Для вирівнювання рівня електроліту в акумулятор заливають _____
- 1.2. Принцип роботи регулятора напруги полягає в _____
- 1.3. Причиною зменшення густини електроліту при розряджанні акумулятора є _____
- 1.4. Конденсатор у батарейній контактній системі запалювання призначений для _____
- 1.5. Недоліками батарейної контактної системи запалювання є _____
- 1.6. Регулятор напруги повинен підтримувати напругу у межах _____
- 1.7. Момент запалювання пальної суміші повинен бути узгодженим з _____

Завдання 2. Містить 10 питань. Потрібно вказати правильну відповідь на кожне питання. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,4 бала. Максимальна кількість балів за завдання – 4.

Приклади питань:

- 2.1. На автомобілі КамАЗ встановлена система електрообладнання напругою:
 - 1) 6 В. 2) 12 В. 3) 24 В. 4) 36 В.
- 2.2. При розряджанні акумуляторної батареї густина електроліту:
 - 1) Зростає.
 - 2) Зменшується.
 - 3) Залишається незмінною.
- 2.3. При розряджанні акумулятора на його негативних пластинах утворюється:
 - 1) Губчастий свинець Pb.
 - 2) Двоокис свинцю PbO₂.
 - 3) Сірчаноокислий свинець PbSO₄.
- 2.4. Котра із вказаних свічок «гарячіша»:
 - 1) А8Д. 2) А11Д. 3) А17Д. 4) А20Д.
- 2.5. У батарейній контактнo-транзисторній системі запалювання котушка запалювання виконана по:
 - 1) Автотрансформаторній схемі.
 - 2) Трансформаторній схемі.
- 2.6. В якій відповіді правильно вказана температура теплового конуса свічки запалювання, при якій вона самоочищається?
 - 1) 350-400°С. 2) 500-800°С. 3) 900-1000°С.
- 2.7. У справної зарядженої акумуляторної батареї напруга на клеммах акумуляторів без навантаження повинна становити:
 - 1) 2,0 В. 2) 2,2 В. 3) 1,7 В.

2.8. Щітки в генераторі змінного струму призначені для:

- 1) Підведення струму до обмотки статора.
- 2) Підведення струму до обмотки ротора.
- 3) Відведення струму від обмотки статора.
- 4) Відведення струму від обмотки ротора.

2.9. Привідна шестерня стартера при запуску двигуна входить у зачеплення з:

- 1) Привідною шестернею колінчастого вала.
- 2) Зубчастим вінцем маховика.
- 3) Шестернею коробки передач.

Завдання 3. Потрібно дати назву складових частин механізму чи системи, які зображені на рисунку 1 і позначені цифрами 3, 6, 8, 9, 10. Кожна правильна відповідь оцінюється в 0,4 бала. Максимальна кількість балів за завдання – 2.

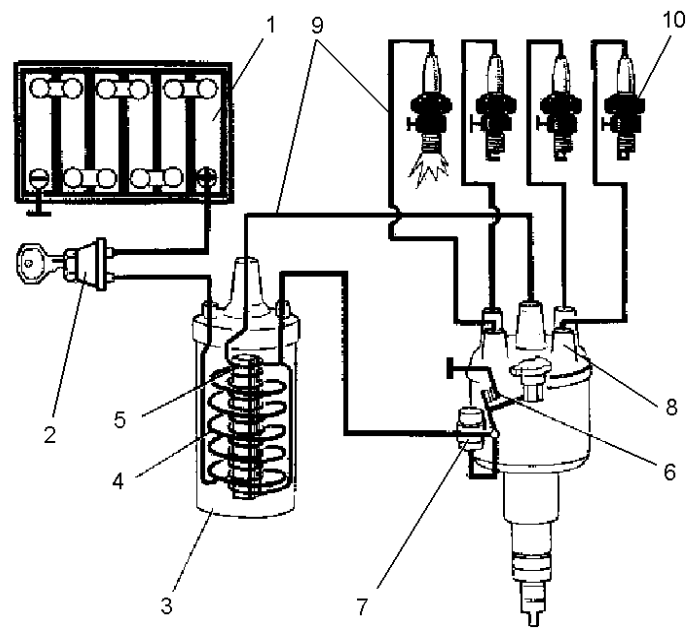


Рис. 1

Завдання 4. Потрібно коротко описати роботу батарейної контактної системи запалювання (рис. 1). Максимальна кількість балів за завдання – 4.