

ЛЕКЦІЯ № 6.

СИСТЕМИ ПУСКУ ДВИГУНІВ

6.1 Стартери.

Система пуску двигуна складається із стартерної акумуляторної батареї, стартера, комутаційної апаратури і засобів полегшення пуску.

Умови надійного запуску ДВЗ

Для запуску ДВЗ обертання колінчастого вала повинно здійснюватися з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах. У бензинових двигунах ця частота становить 40-50 хв¹, а в дизельних – 100-250 хв¹. Найбільші труднощі має запуск двигуна при низьких температурах внаслідок підвищення в'язкості масла та пального, зниження його випаровування. Погіршення умов для запалювання та горіння паливно- повітряної суміші, а також характеристик системи запалювання зумовлено спадом напруги акумуляторної батареї під час її роботи в стартерному режимі. Потужність двигуна стартера визначається необхідним обертовим моментом (залежить від літражу й конструкції двигуна, кількості циліндрів, ступеня стискання, в'язкості масла та частоти обертання) і мінімальною частотою обертання. Щоб збільшити крутний момент на колінчастому валу, слід застосовувати знижувальну передачу (редуктор). Основним параметром цієї передачі є передаточне число:

$$I = Z_M / Z_C$$

де Z_M – число зубців вінця маховика; Z_C – число зубців шестірни стартера.

Призначення, принцип дії стартерів

Стартер призначений для обертання колінчастого вала з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах. Принцип дії електродвигуна постійного струму ґрунтується на законах електромагнітної індукції й законі Ампера. Магнітне поле електродвигуна створюється постійним струмом (струмом збудження) в обмотках полюсів або постійними магнітами в електродвигунах малої потужності. Його силові лінії замикаються через сталевий статор, осердя полюсів і осердя якоря, два рази перетинаючи на своєму шляху повітряний зазор між ними. Коли одночасно до обмотки збудження, що міститься в статорі, і до обмотки якоря підводиться постійний струм, відбувається взаємодія магнітного поля полюсів статора зі струмом обмотки якоря. Виникає крутний електромагнітний момент, який і надає руху якорю електродвигуна.

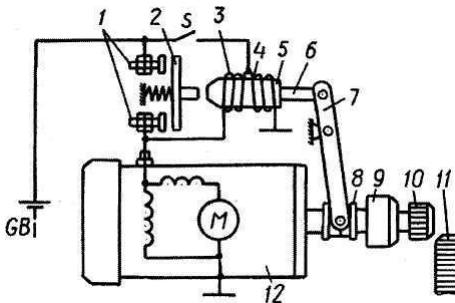


Рис. 2.1. Схема керування електростартером: 1 – силові контакти; 2 – рухомий контактний диск; 3, 4 – обмотки тягового реле; 5 – якір тягового реле; 6 – шток; 7 – важіль приводу; 8 – повідкова муфта; 9 – муфта вільного ходу; 10 – шестірна приводу; 11 – зубчастий вінець маховика; 12 – електродвигун

Найчастіше застосовують електродвигуни послідовного та мішаного збудження. Вада цих двигунів – значна частота обертання якоря в режимі холостого ходу, під час якого зростають відцентрові сили, що діють на якір, і він може зруйнуватися (рознести). Щоб зменшити цю частоту, застосовують електродвигуни мішаного збудження, в яких одну обмотку збудження ввімкнено послідовно, а другу – паралельно.

Схема електростартера з дистанційним керуванням наведена на рис. 2.1. При замкненні контактів *S*, які розташовані на замку запалювання (у додатковому реле чи в реле блокування), втягувальна й утримувальна обмотки 3 та 4 тягового реле вмикаються до акумуляторної батареї. Під дією МРС обох обмоток якір 5 тягового реле переміщується до осердя електромагніту і з допомогою штоку 6 та важеля приводу 7 вводить шестірню 10 у зачеплення з вінцем маховика 11. Укінці ходу якоря 5 тягового реле контактний диск 2 замикає силові контакти 1, і акумуляторна батарея з'єднується зі стартерним електродвигуном.

Щоб запобігти рознесення якоря при обертанні його від запущеного ДВЗ, в більшості стартерів є муфта вільного ходу 9, яка передає обертовий момент тільки в одному напрямі – від вала якоря до маховика.

Після розімкнення контактів *S* втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле через силові контакти залишаються включені послідовно. Кількість витків обох обмоток однакова і по них протікає струм однієї і тієї самої сили. Оскільки напрям струму втягувальної обмотки змінюється на протилежний, то в обмотках діють два рівні, проте протилежно спрямовані магнітні потоки. Осердя електромагніта розмагнічується і пружина переміщує якір реле у вихідне положення, розмикає силові контакти і виводить шестірню 10 із зачеплення з вінцем маховика.

Будова стартера

Стартер складається з електродвигуна постійного струму, механізмів приводу та керування (рис.2.2). Конструкція електродвигунів майже однакова в усіх стартерах. Як автомобільний генератор стартер складається з нерухомого статора (індуктора) з полюсами і ротора (якоря). На кінці якоря закріплений колектор 22 – характерна деталь двигунів постійного струму, який відрізняється від генераторів змінного струму. До мідних пластин колектора притискаються вугільно-графітні щітки 26, які підводять струм від акумуляторної батареї до обмоток якоря.

Механізм приводу з муфтою вільного ходу забезпечує введення й утримання шестірні в зачепленні з вінцем маховика під час пуску двигуна, передавання потрібного крутного моменту колінчастому валу та запобігає руйнуванню якоря стартерного електродвигуна, від'єднуючи його від маховика працюючого двигуна. Коли двигун буде запущено, ведена обойма стане ведучою (ведучим стане зубчастий вінець маховика), ролики розклиняться і муфта пробуксовуватиме.

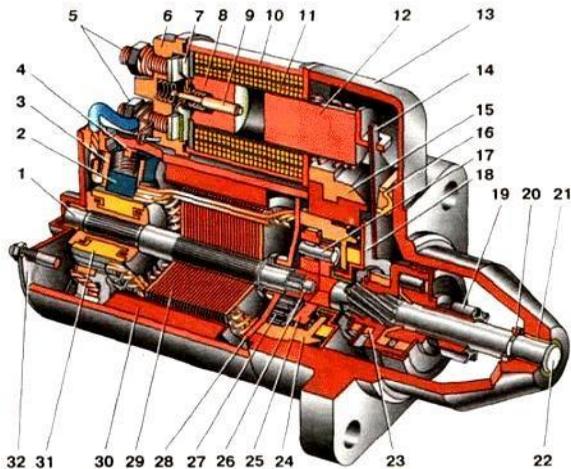


Рис. 2.2. Стартер в зборі (57.3708) : 1 – вал якоря; 2 – «позитивна» щітка; 3 – щіткотримач; 4 – скоба; 5 – контактні болти; 6 – тягове реле; 7 – контактна пластина; 8 – осердя тягового реле; 9 – шток тягового реле; 10 – утримуюча обмотка; 11 – втягуюча обмотка; 12 – якір реле; 13 – передня кришка; 14 – важіль приводу; 15 – кронштейн важеля; 16 – прокладка; 17 – вісь планетарної шестерні; 18 – опора валу приводу з вкладишем; 19 – обгінна муфта; 20 – обмежувальне кільце; 21 – втулка передньої кришки; 22- вал приводу; 23 – кільце відвідне; 24 – шестерня з внутрішніми зубами; 25 – водило; 26 – центральна (ведуча) шестерня; 27 – сателіт; 28 – опора валу якоря з вкладишем; 29 – осердя якоря; 30 – постійний магніт; 31 – колектор; 32 – задня кришка з втулкою.

Найбільшого поширення в електростартерах набули безшумні й технологічні роликіві муфти вільного ходу, здатні за невеликих розмірів передавати значні крутні моменти. Роликіві муфти малочутливі до забруднення, не потребують догляду та регулювання під час експлуатації.

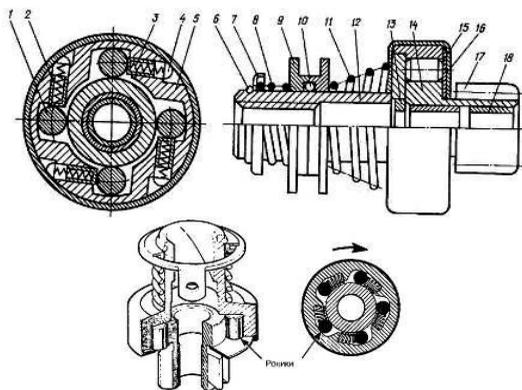


Рис. 2.3. Роликіві муфта вільного ходу: 1 – ролик; 2 – плунжер; 3 – пружина; 4 – упори пружини; 5 – зовнішня ведуча обойма; 6, 10 – замкові кільця; 7 – чашка; 8 – пружина; 9 – втулка відведення; 11 – буферна пружина; 12 – напрямна втулка; 13 – центрвальне кільце; 14 – ведена обойма; 15 – мпластина; 16 – кожух муфти; 17 – шестірня приводу; 18 – вкладка

Електромеханічні характеристики стартера

Якості стартерних електродвигунів постійного струму залежать від способу збудження й оцінюються за робочими (швидкісними, моментними, потужними) та механічними характеристиками.

В електродвигунах із паралельним збудженням обмотка збудження підімкнута паралельно з обмоткою якоря до джерела живлення U (рис. 2.4, а). Особливістю цього електродвигуна є те, що струм збудження I_z не залежить від струму якоря I_A , тобто від навантаження на валу.

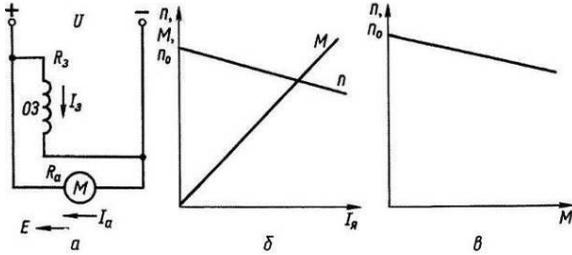


Рис. 2.4. Схема електродвигуна з паралельним збудженням (а) і його електромеханічна (б) та механічна (в) характеристики

Електромеханічна характеристика електродвигунів із паралельним збудженням наведена на рис. 2.4, б, а механічна характеристика – на рис. 2.4, в., вони мають лінійний характер. Величина n_0 називається частотою обертання ідеального холостого ходу, при $M=0$.

Якщо обмотка якоря електродвигуна і обмотка збудження підімкнені до різних джерел живлення, то його називають *двигуном із незалежним збудженням*. Його електричні та механічні характеристики аналогічні характеристикам двигуна з паралельним збудженням, оскільки у нього струм збудження I_z не залежить від струму якоря I_A .

В електродвигунах із послідовним збудженням обмотка збудження вмикається послідовно з обмоткою якоря, а тому $I_A = I_z$ (рис. 2.5, а).

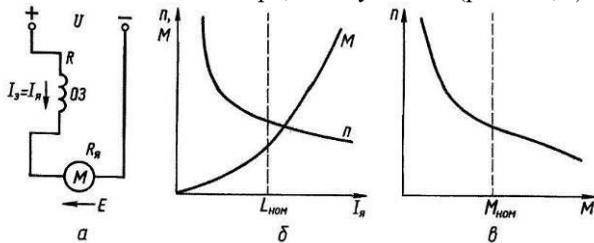


Рис. 2.5. Схема електродвигуна з послідовним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічна (в) характеристики

Залежність $n=f(I_A)$ має форму гіперболи, а залежність $M=f(I_A)$ – параболи (рис. 2.5, б). Механічна характеристика $n=f(M)$ побудована (рис. 2.5, в).

Із рис. 3.5, в видно, що механічна характеристика двигуна з послідовним збудженням є «м'якою». За малих навантажень частота n різко збільшуватиметься і може перевищити максимально допустиме значення, тобто електродвигун піде в «рознос». Попри цей недолік, такі електродвигуни широко застосовують у різних електростартерах, оскільки «м'яка» характеристика більш сприятлива для названих

умов роботи, ніж «жорстка» характеристика електродвигуна з паралельним збудженням.

Із зміною навантажувального моменту в широких межах, що характерно для пуску ДВЗ, потужність $P_{ел} = I_A U_A$ та струм I_A в електродвигунах із послідовним збудженням змінюються в менших межах, ніж у двигунах із паралельним збудженням. Крім цього, вони краще переносять перевантаження. Двигуни з послідовним збудженням розвивають більший пусковий момент.

В електродвигунах із змішаним збудженням магнітний потік Φ створюється внаслідок спільної дії двох обмоток збудження (рис. 2.6а) – паралельної ОЗ та послідовної ОЗ₂. Тому його механічна характеристика (рис. 2.6, в, криві 3, 4) розташована між характеристиками електродвигунів з паралельним (пряма 1) та послідовним (крива 2) збудженням. Залежно від співвідношення магніторушійної сили (МРС) $F = \omega I_3$ (ω – кількість витків обмотки) паралельної $\omega_1 I_{31}$ і послідовної $\omega_2 I_{32}$ обмоток можна приблизити характеристику двигуна зі змішаним збудженням до характеристик 1 або 2. Однією із переваг двигунів зі змішаним збудженням, які використовуються в деяких конструкціях стартерів, є те, що вони, володіючи «м'якою» механічною характеристикою, можуть працювати на холостому ходу, оскільки частота обертання холостого ходу n_0 має кінцеве значення.

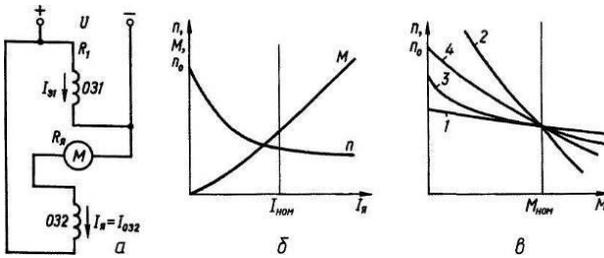


Рис. 2.6. Схема електродвигуна: із змішаним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічні (в) характеристики

Особливості конструкції стартерів, тенденції їх розвитку та удосконалення.

Шестірня стартера з інерційним приводом в момент увімкнення за інерцією ніби нагвинчується на гвинт якоря і входить в зачеплення з вінцем маховика. Після запуску ДВЗ вінць маховика різко прокручуючи приводну шестірню «зганяє» її у початкове положення. Для пом'якшення удару передбачено пружини (рис 2.7)

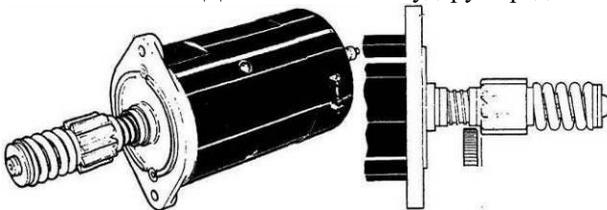


Рис. 2.7. Стартер з інерційним приводом

У стартерах великої потужності муфти вільного ходу не застосовують, оскільки за цих умов вони працюють ненадійно. У таких стартерах застосовують храповий механізм приводу, чи запобіжні дискові муфти (рис.2.8-2.9).

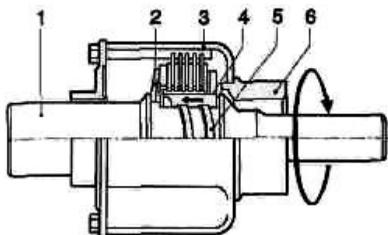


Рис. 2.8. Багатоцискова обгінна муфта: 1 - провідний вал (сполучений з шестернею стартера); 2 - натискна пружина; 3 - провідний елемент із зовнішніми дисками; 4 - внутрішня муфта з внутрішніми дисками; 5 - спіральні шліци; 6 - провідний фланець (пов'язаний з якорем електродвигуна стартера)

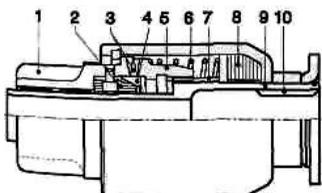
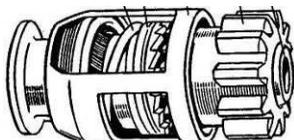


Рис. 2.9. Обгінна муфта з храповим механізмом
1 - шестерня стартера;
2 - сухар; 3 - радіальні зуби; 4 - роз'єднуюче кільце; 5 - гайка напівмуфти; 6 - пружина;
7 - спіральні шліци;
8 - гумовий буфер;
9 - втулка; 10 - шліци



У стартерах, здебільшого, використовуються електродвигуни постійного струму з послідовним збудженням. В окремих випадках використовуються двигуни зі змішаним збудженням. В останні роки на стартерах стали застосовувати електродвигуни зі збудженням від постійних магнітів, які мають знижені енерговитрати внаслідок відсутності струму збудження. Постійні магніти використовуються лише в малопотужних двигунах стартерів.

Значний крутний момент в стартері отримують використанням редукторів (циліндричних, планетарних)

6.2 Системи полегшення пуску ДВЗ

Для полегшення пуску ДВЗ за понижених температур використовують: засоби поліпшення умов запалювання; засоби полегшення прокручування механізмів двигуна.

Свічки підігріву повітря у впускному трубопроводі

Дизельний двигун не потребує свічки для запалювання робочої суміші. У зв'язку з цим запальні свічки застосовуються для полегшення пуску холодного двигуна за рахунок попереднього підігріву повітря у впускному колекторі або паливно-повітряної суміші в камері згорання.

Запальні свічки складаються з дротяної спіралі, до якої підводиться напруга від акумулятора. Після пуску двигуна ланцюг живлення свічок автоматично вимикається.

На дизелях з неподіленими камерами згорання застосовують електричні свічки і електрофакельні підігрівачі для нагріву повітря, що поступає в циліндри двигуна на такті впуску. Запальні свічки типу AG2 і CH2 призначені для підігріву повітря у впускному колекторі. Вони сконструйовані таким чином, щоб забезпечити максимально швидкий підігрів великої кількості повітря.

Метою підігріву повітря є підвищення температури в кінці такту стиску і, тим самим, поліпшення умов запалювання і згорання паливо-повітряної суміші.

Свічка СН-150 підігріву повітря в трубопроводі (мал. 2.10,а) впускання потужністю 400 Вт розрахована на споживання струму силою 45 - 47 А. Спіраль 1 свічки нагрівається до температури 900-950°С через 40-60 с після підключення до акумуляторної батареї. Свічки підігріву встановлюють на початку трубопроводу впуску або в місцях розводки каналами циліндрів.

Кращий тепловідвід від спіралі 1 (рис. 2.10,б) повітря впускання забезпечується при використуванні фланцевих свічок. Фланцеві свічки встановлюють в роз'ємах трубопроводу впуску, що приводить до великої різноманітності їх конструкцій, але ускладнює конструкцію трубопроводу.

Унаслідок підігріву повітря в трубопроводі впуску свічкою СН-150 на 20 – 35°С збільшується температура в циліндрі в кінці стиску, внаслідок чого на 5 - 10°С знижується мінімальна температура пуску двигуна. Через втрату теплоти при великій довжині трубопроводу знижується ефективність роботи свічок підігріву в умовах низьких температур. Тому їх використовують на дизелях з малими робочими об'ємами, пуск яких повинен забезпечуватися до температур -12...-17°С.

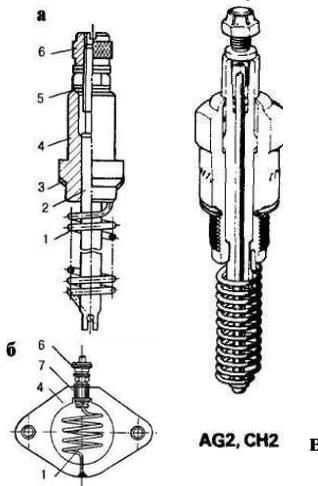


Рис. 2.10. Свічки підігріву повітря у впускному трубопроводі:

а – будова на прикладі СН150-А;

б - фланцева свічка; загальний вигляд;

1 - спіраль

розжарювання;

2 - стрижень; 3 - шайб ущільнювача; 4 - корпус;

5 - ізоляційна шайб

6 - контактна гайка

7 - ізоляційна втулка

Свічки розжарювання

Свічка розжарювання з відкритим нагрівальним елементом (рис. 2.11,а) встановлюється в камері згорання двигуна так, щоб розжарена спіраль 3

знаходилася на деякій відстані від межі струменя палива, що розпилюється. Якщо струмінь палива зачіпає спіраль, процес запалювання поліпшується, але скорочується термін служби свічки. Нагрівальний елемент в цих свічках типу AG4 і CH4 має низький опір і працює за напруги 1 чи 2В. Тому свічки такого типу сполучені послідовно між собою, а також з додатковим резистором.

Спіраль розжарювання 3 (мал. 2.11,б) штифтової свічки типу AG60 і CH60 знаходиться в закритому кожусі 5, заповненому ізоляційним матеріалом з високою теплопровідністю. Кожух свічки виготовляють з залізо-нікель-хромового сплаву «кінко-нель». Штифтову свічку в камеру згорання встановлюють так, щоб конус струменя палива, що розпилюється, торкався розжареного кінця її кожуха. Опір цих свічок вищий, тому вони мають паралельне підключення до електромережі автомобіля.

Частіше використовують однополюсні штифтові свічки, споживаючі струми силою 5 і 10 А при напругах відповідно 24 і 12 В. Двополюсні свічки для дводротяних схем споживають струми силою до 50 А при напрузі 1,7 В. Час прогрівання штифтової свічки складає 1-2 хв. Унаслідок великої теплової інерції таких свічок немає необхідності встановлювати в їх ланцюг живлення додатковий резистор. Перевагою штифтових свічок в порівнянні з свічками відкритого типу є велика механічна міцність і більший термін служби унаслідок відсутності окислення спіралі киснем повітря. Штифтові свічки можуть бути встановлені в дизелях з однопорожнинними камерами згорання.

Ефективність застосування свічок розжарювання при пуску дизелів залежить від робочої температури відкритої спіралі або кожуха штифтової свічки, яка визначається силою проходячого спіраллю струму. Пуск дизелів при використуванні свічок розжарювання забезпечується до температур $-10...-15^{\circ}\text{C}$ при частоті обертання колінчастого валу $60 - 80 \text{ хв}^{-1}$.

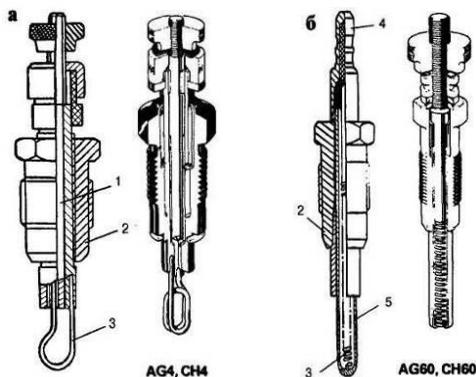


Рис. 2.11. Свічок розжарювання:
 а - з відкритим нагрівальним елементом;
 б - штифтова;
 1 - центральний електрод;
 2 - корпус;
 3 - спіраль;
 4 - висновок;
 5 - кожух спіралі

Електрофакельні підігрівачі повітря

На дизелях встановлюють електрофакельні підігрівачі повітря (рис. 2.10) в трубопроводі впуску, що в поєднанні з малов'язким моторним маслом дозволяє понизити мінімальну температуру пуску холодного дизеля на $10-15^{\circ}\text{C}$. У електрофакельних підігрівачах через електричну спіраль проходить струм невеликої сили, оскільки вона служить тільки для підігріву, випаровування і запалення палива.

Повітря в трубопроводі впуску підігрівається за рахунок теплоти згорання паливо-повітряної суміші.

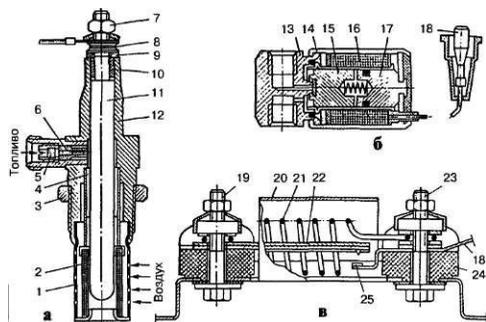


Рис. 2.12. Електрофакельні пристрої: а - факельна штифтова свічка 13.3740; б - електромагнітний паливний клапан 13.3741; в - додатковий резистор з термореле; 1 - захисний екран; 2 - випарна сітка; 3, 7, 8 - гайки; 4 - випарник; 5 - фільтр; 6 - паливний жиклер; 9 - ізоляційна шайба; 10 - ізоляційна втулка; 11 - нагрівач; 12 - корпус свічки; 13 - підстава клапана; 14 - гільза; 15 - якір; 16 - котушка; 17 - осердя; 18 - штекер; 19, 23 - виводи; 20 - захисний кожух; 21 - спіраль додаткового резистора; 22 - біметалічна пластина з рухомим контактом; 24 - ізолятор; 25 - нерухомий контакт

Комутаційна апаратура

Схеми керування залежать від розташування стартера та акумуляторної батареї на автомобілі, відповідності номінальних напруг стартера і системи електрообладнання, наявності й типу пристрою для полегшення пуску двигуна.

У випадку дистанційного керування акумуляторну батарею розташовують якнайближче до стартера і з'єднують із ним під час пуску контактною системою тягового електромагнітного реле.

Втягувальні обмотки стартерів споживають струм, який досягає 30 А. Тому, щоб захистити контакти вимикачів запалювання, потрібно для керування стартерами використовувати додаткове реле. У розглянутих схемах керування після пуску двигуна потрібно негайно вимкати стартер, бо, коли ведена обойма із шестірнею приводу обертатиметься тривалий час, муфта вільного ходу може зіпсуватися, внаслідок чого пошкодиться якір. Якщо стартер увімкнути, коли двигун працює, то можуть пошкодитись зубці шестірни приводу і маховика або вийде з ладу муфта вільного ходу приводу.

Пускаючи двигун, багато водіїв із запізненням вимикають стартер, що погано позначається на його довговічності. Якщо вимикач стартера несправний, то може статися рознесення колектора стартерного електродвигуна і, як наслідок, відмова стартера та розрядження акумуляторної батареї. Щоб запобігти цим небажаним явищам, використовують реле блокування стартера, яке дає змогу в 1,3-1,4 рази підвищити термін його служби.

Електрозасоби полегшення прокручування механізмів двигуна мають на меті підігрів ДВЗ, зокрема моторного масла. А також керування декомпресією (неповне закриття випускних клапанів в момент стартового прокручування) чи від'єднання керованими муфтами окремих механізмів.

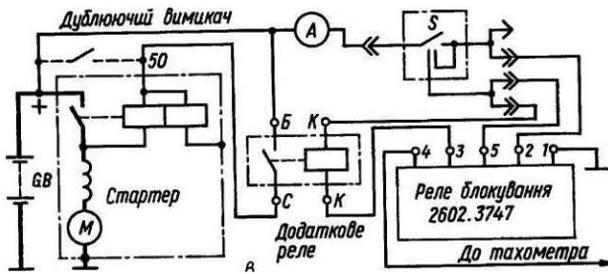


Рис. 2.13. Схема увімкнення стартера (на прикладі СТ-142, КамАЗ, ЗИЛ)

Передпусковий рідинний підігрівник призначений для передпускового розігрівання холодного дизеля рідинного охолодження. Розігрівання двигуна забезпечують, здебільшого нагріваючи рідину в системі його охолодження. Використовують підігрівники і для підігрівання масла в картері двигуна. Деякі з них не тільки розігрівають двигун, а й опалюють кабіни вантажних автомобілів і салони автобусів незалежно від того, працює дизель чи ні.

Експлуатація стартерів – несправності, технічне обслуговування

Основні несправності стартера як і генератора містять несправності механічної і електричної частини. Відмінності зумовлені особливостями конструкції. Так для стартера характерним є наявність втягуючо-утримувального електромагнітного реле дистанційного керування роботою стартера, муфти вільного ходу, колектора якоря.