

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Електрообладнання автомобілів та спецмашин»
вибіркових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

за темою - Робота класичної батарейної системи запалювання

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.23 № 7__

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.23 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 28.08.23 № 1.

Розробники: викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Панченко В. І.

Рецензенти:

1. завідувач кафедри транспортних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор М. М. Мороз

2. старший викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, спеціаліст вищої категорії, кандидат технічних наук Волканін Є.Є.

План лекції:

1. Напівмонтажна схема системи запалювання двигуна автомобіля .
2. Контактно-транзисторна система запалювання.
3. Принципова схема контактнo-транзисторної системи запалювання з проміжним транзистором фірми «Bosh».
4. Транзисторна безконтактна система запалювання.
5. Транзисторні комутатори та їх робота у безконтактних системах запалювання.

Рекомендована література:

Основна:

1. Сажко В.А., "Електрообладнання автомобілів та тракторів", «Українська книга», Київ «Каравела» 2019 - 402с. URL : https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=143 (дата звернення: 12.07.2023)
2. Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю., "Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння", навчальний посібник, Вид. Гельветика, 2018-152с. URL : <https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c8e280f4-a290-4226-bd00-a618df985724/content> (дата звернення: 12.07.2023)
3. Омелічев О.В., "Підручник з будови автомобіля". Посібник для автомобілістів-початківців, Вид. Моноліт-Bizz, 2021- 288с. URL : [Омелічев-О.-В.-ПІДРУЧНИК-З-БУДОВИ-АВТОМОБІЛЯ.pdf \(kpefk.com.ua\)](https://kpefk.com.ua/omelichev-o-v-pidruchnik-z-budovi-avtomobilya.pdf) (дата звернення: 12.08.2023)
4. Дрозд М., Зозуля К., "Підручник водія. Основи керування автомобілем", Вид. Центр навчальної літератури, 2019р-198с. URL : <https://stylus.ua/uk/m-drozd-k-zozulya-pidruchnik-vodiya-osnovi-keruvannya-avtomobilem-p1081238c12513.html#specifications> (дата звернення: 14.08.2023)
5. Калашник Є. "Електронно керовані гідромеханічні коробки зміни передач в пасажирських автомобілях з тепловими двигунами", Вид. Кондор, 2022- 140с. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/elektronno-kerovani-gidromehanichni-korobki-zmini-peredach-v-pasazhirs-kih-avtomobiljah-z-teplovimi-dvig.html> (дата звернення: 04.08.2023)
6. Білякович М.О., Полянський С.К., "Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів". Частина III. Вид. Слово, 2013-624с. URL: <https://profbook.com.ua/tekhnichna-ekspluatatsiya-budivelno-dorozhnikh-mashin.html> (дата звернення: 11.08.2023)
7. Кисликов В., "Будова й експлуатація автомобілів", Вид. Либідь, 2018-400с URL: <https://epdf.tips/-6abf83e4f2929cebd73c229bc59ae99a87889.html> (дата звернення: 14.07.2023)

Допоміжна:

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - К.: Арістей, 2004. - 476 с. URL: <https://koha.tntu.edu.ua/bib/148616> (дата звернення: 10.08.2023)
2. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. - 168 с. URL: [Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с.](#) (дата звернення: 14.07.2023)
3. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002. -322 с. URL: <https://bigl.ua/p1907445581-bilokon-okocha-kohanivskij> (дата звернення: 04.08.2023)
4. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. - К.: Каравела, 2004. - 304 с. URL: <https://uareferats.com/index.php/book/details/333> (дата звернення: 24.08.2023)
5. Сажко В.А., Січко О.Є., Клименко Ю.М., Савін Ю.Х., Волков О.Ф. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Екосіа» за допомогою приладу УАС-5051. - К.: НТУ, 2005. - 36 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 11.08.2023)
6. Данов Б.А. Електроустаткування систем управління іноземних автомобілів. - М: Гаряча лінія; Телеком, 2004. - 224 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 24.08.2023)
7. Соснін Д.А. Автотроніки. Електрообладнання та системи бортової автоматики сучасних легкових автомобілів. - М: Солон-Р, 2005.-272 с. URL: https://balka-book.com/ua/avtoelektronika-571/avtotronika_elektricheskoe_elektronnoe_i_avtotronnoe_oborudovanie_legkovyih_avtomobiley-66817 (дата звернення: 14.08.2023)

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. URL : <https://avia.gov.ua/> (дата звернення: 15.08.2023)
2. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» URL : <https://kbp.aero/> (дата звернення: 25.08.2023)
3. Офіційний сайт журналу «Крила» URL : <http://www.wing.com.ua/> (дата звернення: 30.07.2023)

Текст лекції

1. Напівмонтажна схема системи запалювання двигуна автомобіля.

Прикладом класичної системи батарейного запалювання може бути система запалювання двигуна автомобіля ГАЗ-24-01 «Волга» (рис. 3.15).

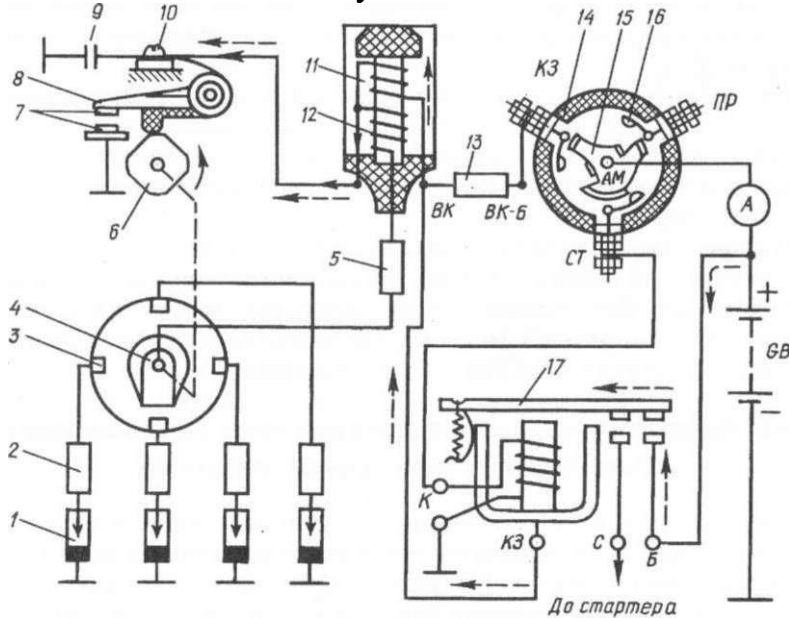


Рис. 3.15. Напівмонтажна схема системи запалювання двигуна автомобіля ГАЗ-24-01 «Волга»: 1 - свічка запалювання; 2, 5 - приглушу вальні резистори; 3 - кришка розподільника; 4 - ротор розподільника; 6-кулачок; 7 - контакти переривача; 8 - важіль переривача; 9 - конденсатор; 10-затискач переривача; 11,12 - первинна та вторинна обмотки котушки запалювання відповідно; 13 - додатковий резистор із затискачами ВК і ВК-Б; 14- вимикач запалювання із затискачами КЗ, СТ, ПР та АМ; 15- контактна пластина; 16- пружинний контакт; 17 -реле ввімкнення стартера із затискачами К, КЗ, С та Б

Система запалювання працює так. Коли запалювання ввімкнено і контакти переривача замкнено, в первинному колі протікає струм низької напруги.

Коло струму низької напруги (рис. 3.15): плюсовий вивід батареї - амперметр - затискач АМ - вимикач запалювання 14 - контактна пластина 15 контакт 16 - затискач вимикача КЗ - додатковий резистор 13 - первинна обмотка 11 котушки запалювання - затискач 10 переривача - важіль 8 контакти 7 переривача - корпус автомобіля - мінусовий вивід батареї.

Коло струму низької напруги переривається в момент, коли кулачок 6, набігаючи виступом на важіль 8 переривача, спричинює розмикання контактів 7. У цей час у первинній обмотці 11 індукується ЕРС самоіндукції близько 200-300 В, а у вторинній - до 24 кВ і більше; в осерді та кільцевому магнітопроводі з'являються вихрові струми. Електрорушійна сила, індукована у вторинній обмотці, створює між електродами свічок запалювання іскровий розряд, внаслідок чого у вторинному колі з'являється струм.

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка 12 котушки запалювання - приглушувальний резистор 5 кришки розподільника - електрод ротора 4 розподільника - іскровий зазор - електрод кришки 3 - приглушувальний

резистор 2 - центральний електрод свічки запалювання 1 - іскровий зазор - маса автомобіля.

Під час пуску двигуна стартером напруга акумуляторної батареї, а отже, і в первинній обмотці котушки запалювання, знижується, що знижує високу напругу. Щоб збільшити силу струму, контакти реле стартера замикаються та закорочують додатковий резистор 13, а це знижує опір первинного кола, й отже, сила струму в ньому збільшується.

2. Контактно-транзисторна система запалювання.

Особливості конструкції апаратів

Високі вимоги, що висуваються до системи запалювання, не може задовольнити класична система батарейного запалювання, оскільки в цьому випадку реальним способом підвищення вторинної напруги є збільшення сили струму розривання. Проте, якщо ця сила перевищить певне значення - (3,5-4,0 А при 12 В), то це призведе до ненадійної роботи контактів переривача та різкого скорочення терміну їхньої служби. А тому постала потреба створення нових пристроїв, які б дали змогу поліпшити умови займання робочої суміші в циліндрах.

Один із шляхів підвищення системою запалювання вторинної напруги застосування напівпровідникових приладів, що працюють як керувальні ключі для переривання струму в первинній обмотці котушки запалювання. Як напівпровідникові реле найчастіше використовують потужні транзистори, здатні комутувати струми силою до 10 А в індуктивному навантаженні без будь-якого іскріння та механічного пошкодження, що притаманне контактам переривача.

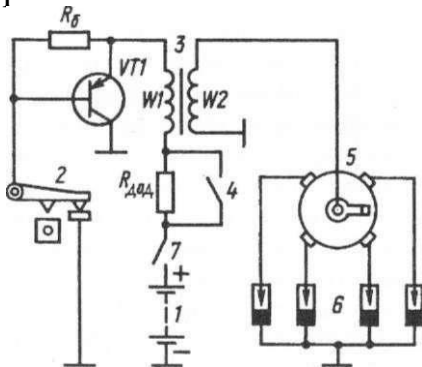


Рис. 3.16. Принципова схема контактної-транзисторної системи батарейного запалювання: 1 - акумуляторна батарея; 2 - переривач; 3 — котушка запалювання; 4 - вимикач додаткового резистора; 5 - розподільник; 6 - свічки запалювання; 7 - вимикач

Контактно-транзисторна система запалювання (рис. 3.16) складається з елементів, що їх містить і класична система батарейного запалювання, й відрізняється від неї наявністю транзистора та відсутністю конденсатора, який шунтує контакти переривача. Схема має ту особливість, що в ній контакти переривача комутують тільки незначний струм бази i_b - струм керування транзистором, тоді як струм емітера i_e в силовому колі комутує транзистор.

Слід зазначити, що ця особливість контактно-транзисторної системи дає змогу позбутися головної вади класичної системи запалювання. Вторинну напругу U_2 , яку розвиває котушка запалювання, в цій системі можна підвищувати у великих межах, оскільки збільшення струму i_p обмежують лише параметри транзистора, а не стійкість контактів переривача.

Особливості конструкції апаратів для контактно-транзисторної системи запалювання. За рахунок заміни контактної пари переривача на силовий транзистор який дає можливість комутувати струм розриву до 9... 10 А з'явилась можливість зменшити індуктивність первинної обмотки котушки запалювання з 9...10 мГн до 4...6 мГн і, як наслідок, збільшити швидкість зростання первинного струму при запасі енергії 80...100 мДж. Тепер при достатній надлишковій енергії можливе нормування часу накопичення з метою підтримки струму розриву в заданих межах.

Первинна обмотка котушок для контактно-транзисторних систем має менший опір і підключається до джерела енергії через один або два додаткові резистори.

Котушки електронних систем запалювання мають класичну конструкцію і виготовляються по традиційній технології, маслonaповнені, з розімкнутим магнітопроводом і в металевому корпусі. Від котушок контактної системи запалювання вони відрізняються лише обмотковими даними. Витрати міді у них більші за рахунок збільшення діаметра проводу первинної обмотки та збільшення числа витків вторинної обмотки. Ці котушки мають значно більший коефіцієнт трансформації.

Свічки запалювання на контактно-транзисторних системах не відрізняються від класичних. Але з'явилась можливість збільшення зазору між електродами з 0,35...0,5 мм до 0,7...0,8 мм. Це дає можливість двигуну працювати на бідних сумішах, зменшуються шкідливі викиди в атмосферу.

Для контактно-транзисторних систем запалювання використовуються ті самі типи переривачів-розподільників, що й для класичної системи, з тією лише різницею, що в них відсутній іскрогасячий конденсатор.

В контактно-транзисторних системах запалювання з'явився додатковий елемент - комутатор, в якому розташовується транзистор та інші елементи схеми: імпульсний трансформатор, резистори, діоди та стабілітрони для захисту транзистора. Резистори первинного кола часто об'єднуються в окремий вузол.

Прикладом контактно-транзисторної системи запалювання може служити система, що встановлюється на автомобілях ЗІЛ-ІЗО, ГАЗ-53 та інших російських автомобілях. Вона показана на рис. 3.17 і складається з комутатора 1 (ТК-102), блоку додаткових резисторів (СЗ-107), котушки запалювання 3 (Б 114) та восьмиіскрового розподільника 5 типу Р13-Д, Р11-33 чи Р 137.

Система працює так. Коли запалювання ввімкнено і контакти переривача розімкнено, то транзистор закритий і в первинному колі струм не протікає. У момент замикання контактів переривача в колі керування транзистора протікає струм, силою не більше 0,8 А.

Стрілками на рис. 3.17 зображено шлях струму в колі керування транзистора: позитивний вивід батареї ОБ - вимикач запалювання 8 - додаткові

резистори СЗ-107 - первинна обмотка котушки запалювання - перехід емітер-база транзистора - первинна обмотка імпульсного трансформатора - контакти переривача 2 - корпус - негативний вивід акумуляторної батареї.

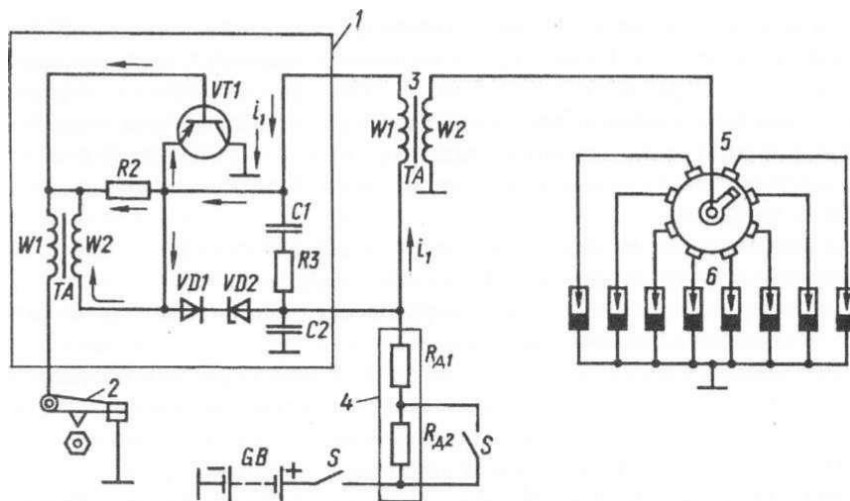


Рис. 3.17. Схема контактно-транзисторної системи запалювання: VT1 - транзистор ГТ701А; VDI - діод Д220; VD2 - стабілітрон Д8П7В; С1 - конденсатор БМБ-160-1; С2 — конденсатор К50-6 50 мкф, 25 В; К2 - резистор УЛИ-0,25-27; ТА - імпульсний трансформатор ($W1 = 57$, $W2 = 500$), 1 - транзисторний комутатор; 2 - переривач; 3 - котушка запалювання; 4 - блок резисторів; 5 - розподільник; 6 - свічки запалювання

Внаслідок протікання струму керування через перехід між базою та емітером транзистора різко знижується опір переходу емітер-колектор транзистора з кількох сотень до кількох часток Ома, і він відкривається, вмикаючи коло струму низької напруги.

Коло струму низької напруги: позитивний вивід акумуляторної батареї - вимикач запалювання - додаткові резистори - первинна обмотка котушки запалювання - перехід емітер-колектор транзистора - корпус — негативний вивід батареї. Сила струму в первинному колі, коли транзистор відкритий, досягає 8 А у непрацюючому двигуні й знижується до 3 А зі збільшенням частоти обертання його колінчастого вала. Після ввімкнення стартера вимикач запалювання вмикає реле, яке спричинює замикання контактів, і первинна обмотка котушки запалювання вмикається до акумуляторної батареї, минаючи резистор (нижній за схемою). Сила струму в первинному колі зростає, а разом із цим збільшується напруга у вторинному колі запалювання.

Розмикання контактів переривача супроводжує переривання струму керування транзистора, що спричинює різке підвищення опору транзистора, і він, закриваючись, вимикає коло струму первинного кола запалювання. У момент переривання струму керування у вторинній обмотці імпульсного трансформатора індукується ЕРС.

Імпульс ЕРС вторинної обмотки трансформатора діє в колі транзистора в напрямі, супротивному струму керування, внаслідок чого прискорюється

закриття транзистора за 3-5 мкс, а отже, прискорюється переривання струму в первинній обмотці котушки, і різко зменшується магнітний потік. Енергія струму взаємодукції вторинної обмотки трансформатора втрачається на нагрівання резистора K2, який збільшує тривалість дії запірної імпульсу.

У вторинній обмотці котушки індукується ЕРС від 17 до 30 кВ, а в первинній обмотці котушки - ЕРС самоіндукції до 100 В.

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка котушки - розподільник - свічка запалювання - корпус.

ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки спричинює заряджання конденсатора СІ (1 мкФ). Надалі, коли контакти переривача розімкнені, конденсатор розряджається через первинну обмотку котушки.

Щоб запобігти перегріванню й пробиванню транзистора у разі збільшення ЕРС самоіндукції первинної обмотки, що може статися за малої частоти обертання колінчастого вала двигуна чи обривання в колі високої напруги, паралельно колу конденсатора СІ увімкнено коло з діода VD1 та стабілітрона VD2 із зустрічними напрямками прямих провідностей. Діод VD1 перешкоджає протіканню струму від акумуляторної батареї через стабілітрон VD2 поза первинною обмоткою котушки запалювання.

Зі збільшенням ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки запалювання понад 80 В (напруга стабілізації) стабілітрон пропускає через себе струм самоіндукції, шунтуючи дану обмотку. Завдяки протіканню струму самоіндукції по колу стабілітрона VD2 і діода VD1 напруга на затискачах первинної обмотки знижується, а це запобігає перегріванню та пробиванню транзистора.

Якщо ЕРС самоіндукції стає меншою за 80 В, стабілітрон не проводить через себе струм, і ЕРС самоіндукції витрачається на заряджання конденсатора СІ.

Електролітичний конденсатор С2, увімкнений паралельно до генератора, захищає транзистор від імпульсних перенапруг, що виникають у колі генератор - акумуляторна батарея. З надходженням імпульсу напруги від генератора конденсатор С2 заряджається, а це зменшує напругу й імпульс сили струму в колі транзистора, запобігаючи його перегріванню.

У контактно-транзисторній системі запалювання контакти переривача розвантажені від струму кола первинної обмотки котушки запалювання, що ліквідує окислення та ерозію контактів. Завдяки цьому вони не потребують зачищення в процесі експлуатації в межах 100-150 тис. км пробігу автомобіля. Крім цього, усунення окислення та підгоряння контактів переривача запобігає зміні зазору між ними й розрегулюванню кута випередження запалювання під час експлуатації автомобіля.

Напруга у вторинному колі підвищується не менш як на 25% порівняно з класичною системою запалювання, а це збільшує енергію іскрового розряду.

Підвищення енергії іскрового розряду сприяє повному згорянню навіть збідненої робочої суміші, полегшує пуск двигуна та поліпшує приймальність і економічність двигуна (витрата пального знижується на 2%).

Прикладом контактно-транзисторної системи запалювання є система (рис. 3.18), яку розробила та застосувала на легкових і вантажних автомобілях фірма «Рогсі» (США). Система складається з таких елементів: котушки запалювання 3, переривача 2, розподільника 4, вимикача запалювання 8, транзисторного комутатора I, що містить потужний транзистор VT1, стабілітрон VD1, спеціальний триобмоточний трансформатор ТА, конденсатори та резистори.

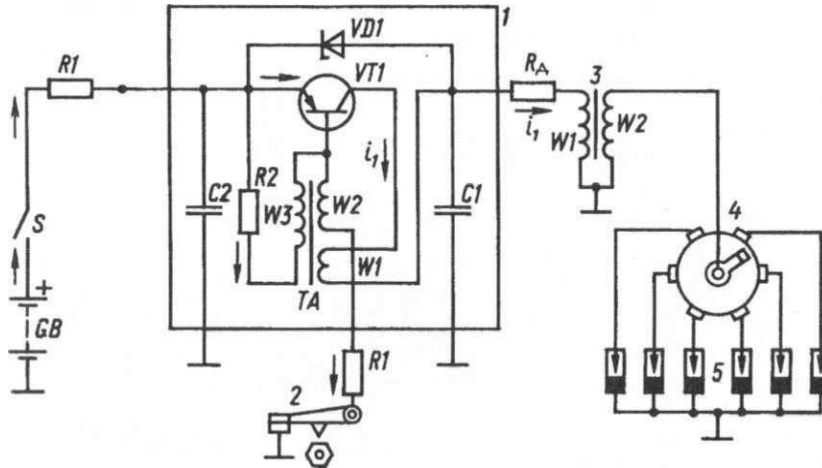


Рис. 3.18. Принципова схема контактно-транзисторної системи запалювання фірми «Рогсі»: 1 - транзисторний комутатор; 2 - переривач; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Система живиться від 12-вольтової акумуляторної батареї ОВ. Принцип роботи системи такий, як і на автомобілях ЗІЛ та ГАЗ (див. рис. 3.17). Процес закривання транзистора формується спеціальним трансформатором із тороїдальним осердям, первинна обмотка якого увімкнена послідовно з обмоткою W1 котушки запалювання. Через котушку протікає первинний струм i_1 а обмотка W3 шунтує емітерно- базовий перехід транзистора через резистор R2. В обмотках цього трансформатора W2 та W3 виникає ЕРС при розмиканні контактів переривача. ЕРС обмотки W3 діє на емітерний перехід транзистора, підсилюючи його закривання. ЕРС обмотки W2 також діє на базу транзистора, чим прискорює процес закривання. Умови комутації транзистором первинного струму полегшуються вмиканням конденсатора C1. Ділянку емітер-колектор транзистора захищає від перенапруги кремнієвий стабілітрон VD1, який увімкнено паралельно до цієї ділянки. Захист від випадкових перенапруг кола живлення здійснюється конденсатором C2.

Додатковий резистор R_d трохи розвантажує котушку запалювання від теплового навантаження. Резистор R2 вмикається послідовно в первинне коло для обмеження сили первинного струму і для захисту транзистора від перенавантаження щодо струму.

За кількістю застосованих транзисторів усі контактно-транзисторні системи поділяють на одно- та багатотранзисторні.

3. Принципова схема контактно-транзисторної системи запалювання з проміжним транзистором фірми «Bosh».

На рис. 3.19 наведена схема контактнo-транзисторної системи запалювання німецької фірми «Bosch», яка встановлена на різних автомобілях «mercedes-benz» попередніх випусків.

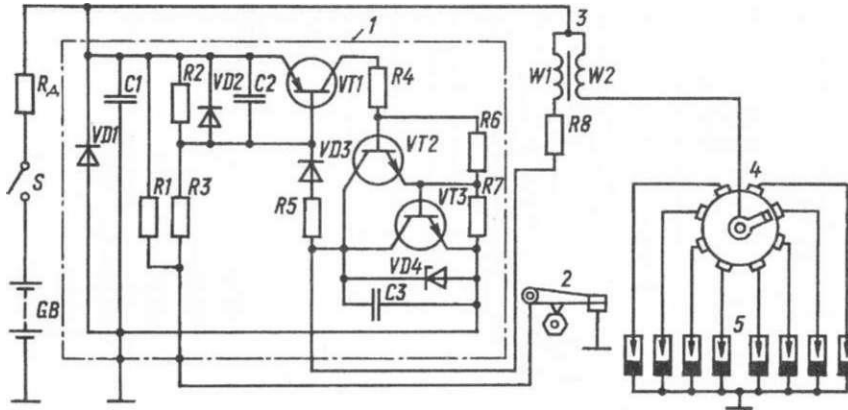


Рис. 3.19. Принципова схема контактнo-транзисторної системи запалювання з проміжним транзистором фірми «Bosch»: 1 - транзисторний комутатор; 2 - переривач; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Під час замикання контактів переривача струм від акумулятора через вимикач S, додатковий резистор R_d , перехід емітер-база транзистора VT1, потім через резистор R3 та замкнуті контакти 2 протікає на масу автомобіля. Тому транзистор VT1 відкривається і через його емітерно-колекторний перехід та резистор K4 протікає струм на базу-емітер VT2, а потім на базу-емітер VT3 і далі до маси автомобіля. Каскад Дарлінгтона (транзистори VT2 та VT3) відкривається. Робочий струм від акумуляторної батареї через резистор первинну обмотку W1 котушки запалювання, резистор R8 та колекторно-емітерний перехід силового транзистора VT3 протікає до маси автомобіля.

Із розмиканням контактів 2 ліквідується різниця потенціалів на емітерно-базовому переході транзистора VT1 і він закривається, перериваючи струм керування каскаду Дарлінгтона. При цьому первинний струм котушки запалювання розмикається, а у вторинному колі індукується висока напруга. Стабілітрон VD4 обмежує величину ЕРС самоіндукції у первинній обмотці в межах 120-140 В. Конденсатори C1, C2 і C3 та діод VD2 захищає електронний блок від коливань напруги джерел живлення. Коло зворотного зв'язку VD3, R5 призначене для того, щоб короткочасне замикання контактів (деренчання) не порушувало процесу індукування високої напруги. Це небажане замикання може виникнути за малих частот обертання колінчастого вала в момент розмикання контактів переривача на відміну від деренчання контактів за великих частот обертання.

Величина струму, що зумовлює самоочищення контактів переривача, регулюється за допомогою резистора R1, а резистори R3 та R4 обмежують струм бази.

Однією з вад контактної-транзисторної системи запалювання є те, що мала сила струму в колі керування транзистора (0,3-0,8 А) зумовлює особливі вимоги до чистоти поверхні контактів переривача. Із незначним збільшенням їхнього опору через забруднення, окислення чи замаслювання сила струму керування транзистором знижується, транзистор не відкривається і двигун не запускається. Внаслідок деренчання контактів у контактній-транзисторній системі запалювання вторинна напруга зменшується. Максимальна частота подачі іскор збільшується незначно порівняно з класичною системою. З огляду на механічне спрацювання контактів потрібно періодично регулювати зазор між ними. Тому в багатоциліндрових високообертових двигунах, які потребують великої частоти подачі іскор, іноді застосовують два незалежних кола запалювання (подвійний переривач, дві котушки запалювання).

4. Транзисторна безконтактна система запалювання. Принцип дії. Датчики-розподільники

Застосування безконтактних транзисторних систем запалювання дає змогу усунути вади контактної-транзисторних систем завдяки великій точності подачі іскор і відсутності контактів.

Транзисторні безконтактні системи запалювання почали застосовуватися з 80-х років минулого століття і з тих пір постійно вдосконалюються. Якщо в класичній системі запалювання контакти переривача безпосередньо розмикають первинне коло, а в контактній-транзисторній системі ці контакти комутують коло керування транзистором, то в транзисторній безконтактній системі керування транзистора стає безконтактним. В цих системах силовий транзистор комутатора, що перериває коло первинної обмотки котушки запалювання, спрацьовує під дією електричного імпульсу, створеного безконтактним датчиком.

В ролі безконтактних датчиків з механічним приводом від розподільчого вала ДВЗ були досліджені магнітоелектричні, індукційні, електромагнітні, генераторні, оптичні та інші перетворювачі механічного обертання в електричний сигнал.

Спочатку як більш простий і достатньо надійний, широке впровадження отримав магнітоелектричний датчик. Але з розробкою датчика, що працює на ефекті Холла, останній став основним елементом для всіх наступних електронних систем запалювання, що серійно випускаються за кордоном.

На рис. 3.20 наведено принципову схему транзисторної безконтактної системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності з магнітоелектричним датчиком. Схема працює так. Коли хрестоподібний магніт нерухомий, транзистор VD1 закритий, і струм у первинній обмотці W1 котушки запалювання 3 не протікає. Коли магніт обертається, в обмотці датчика 2 індукується змінна ЕРС, яка керує транзистором. Під час позитивних півперіодів напруги на датчику транзистор перебуває в стані насичення, а негативних - у стані відтину. Коли транзистор відкритий, від акумуляторної батареї через перехід емітер-колектор і первинну обмотку котушки запалювання протікає струм. За негативної ЕРС транзистор закривається, струм

у первинній обмотці переривається і у вторинній обмотці індукується значна ЕРС. Кількість пар полюсів магніту датчика має відповідати кількості циліндрів двигуна.

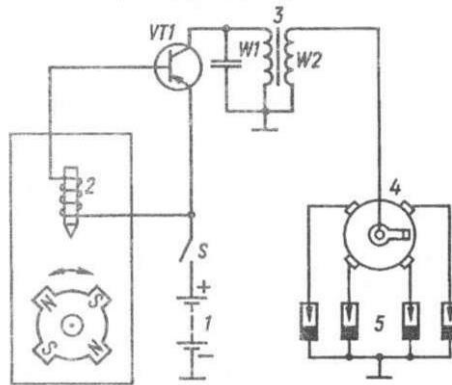


Рис 3.20. Принципова схема безконтактної системи запалювання з магнітоелектричним датчиком: 1 - акумуляторна батарея; 2 - магнітоелектричний датчик; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Як бачимо зі схеми, контакти переривача замінено безконтактним датчиком.

Отже, замість переривачів у класичній і контактнотранзисторній системах запалювання в безконтактній транзисторній застосовано датчикирозподільники. Виготовляють їх на базі традиційних переривачіврозподільників, однак вузол переривача замінюють безконтактним датчиком.

Принципову схему магнітоелектричного датчика наведено на рис. 3.21. Під час обертання зубчастого магніта в обмотці статора згідно із законом індукції виникає змінна напруга. Коли один із зубців магніта наближається до обмотки, напруга в ній швидко зростає, досягає максимуму, потім зубець розміщується на середній лінії обмотки, після цього, коли він віддаляється, швидко змінює знак і збільшується в протилежному напрямі до максимуму. Напруга дуже швидко змінюється від позитивного максимуму до негативного, тому нульовий перехід між ними можна використати для керування системою запалювання. Зубчастий магнітний якор встановлено у звичайний корпус переривача. Кількість зубців залежить від кількості циліндрів і тактності двигуна. Напруга, яку виробляє генераторний датчик, залежить від частоти обертання якоря та його конструкції, і має забезпечити надійність запалювання навіть за малої частоти обертання під час пуску двигуна.

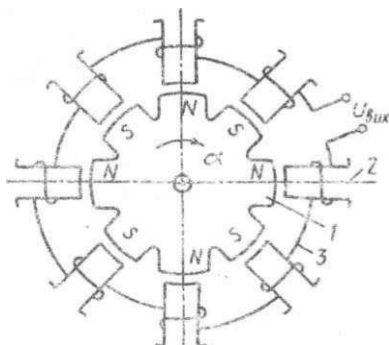


Рис. 3.21. Принципова схема магнітоелектричного датчика для чотирициліндрового двигуна: 1 - магніт, 2 - статор, 3 - обмотка

Прикладом реалізації магнітоелектричного датчика може служити датчик - розподільник 24.3706 (рис. 3.22). Він складається з таких основних вузлів: магнітоелектричного генераторного датчика із статором 13 та ротором 21, відцентрового регулятора 16, вакуумного регулятора 6. Корпус 3 вилито з алюмінієвого сплаву, а у хвостовій його частині розміщено пластину 2 октан-коректора. призначеного для ручного регулювання моменту іскроутворення та кріплення датчика-розподільника на двигуні.

Датчик-розподільник приводиться в рух через приєднувальний шип 1, який закріплено на валику 18, Для змащування підшипника 19 валика 18 та упорного підшипника 17 у корпусі поставлено маслянку 4. Ротор 21 датчика - це кільцевий постійний магніт 26 із щільно притисненими до нього зверху та знизу 8-полюсними обоймами 25 і 27, що міцно закріплені на втулці 12, на верхній частині якої розміщено бігунець 11 високовольтного розподільного пристрою. У нижній частині втулки 12 є паз, в який входить виступ втулки, нерухомо закріпленої на повідковій пластині ротора.

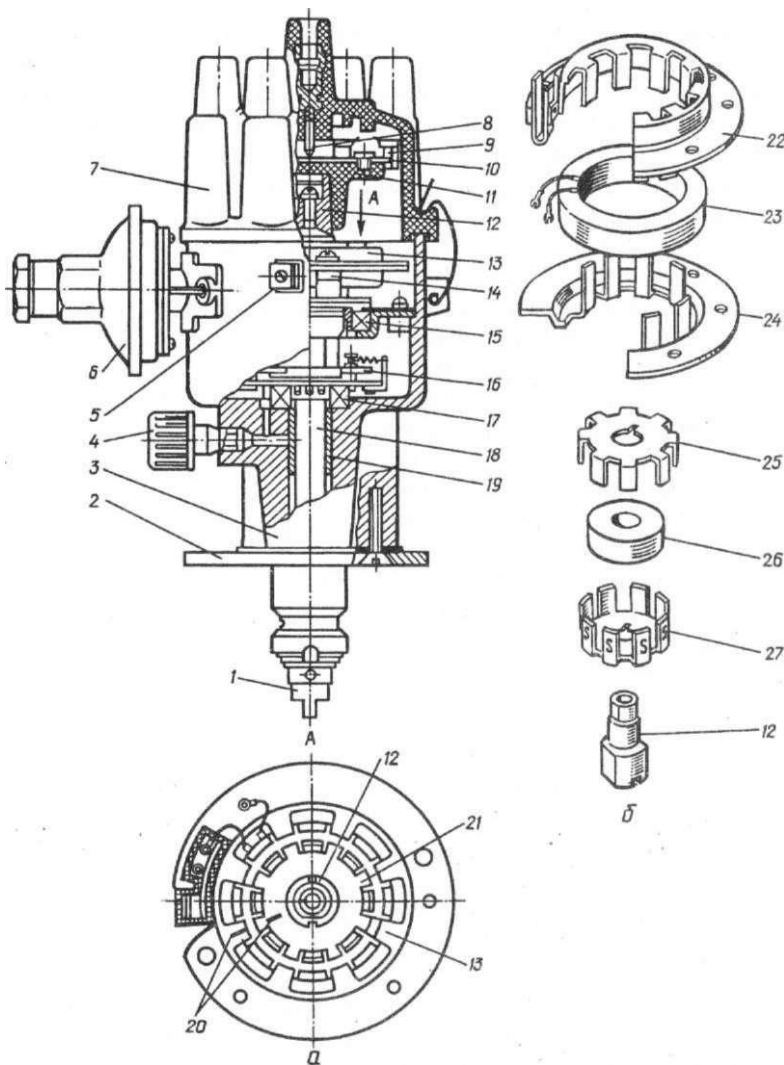


Рис. 3.22. Датчик-розподільник 24.3 706: а - загальний вигляд; б - конструкція датчика; 1 - приєднувальний шип; 2 - пластина; 3 - корпус; 4 - маслянка; 5 - вивід; 6 - вакуумний регулятор; 7 - кришка; 8 - вугільний контакт; 9,10- електроди; 11 - бігунець-розподільник; 12 - втулка; 13 - статор; 14 - опора; 15,17, 19 - підшипники; 16- відцентровий регулятор; 18 - вал; 20 - позначки, 21 - ротор; 22, 24 - полюсні пластини; 23 - обмотка; 25, 27 – обойми

Статор ІЗ датчика - це обмотка 23, вміщена у 8-полюсних пластинах 22 і 24, з'єднаних між собою заклепками. Статор має один ізольований вивід 5, розміщений на корпусі розподільника. Другий кінець обмотки проводами з'єднано з корпусом. Статор ІЗ за допомогою опор 14 поставлено на рухомій пластині, нерухомо закріпленій на внутрішній обмотці підшипника 15. Зовнішню обойму підшипника 15 закріплено нерухомо щодо корпусу 3. Рухома пластина шарнірно з'єднана з тягою вакуумного регулятора 6.

Отже, відцентровий регулятор забезпечує зміну випередження запалювання, повертаючи ротор датчика відносно статора, а вакуумний регулятор повертає статор відносно ротора.

Високовольтний розподільний пристрій має кришку 7 з дев'ятьма виводами. З внутрішнього боку в центральному виводі розміщено рухомий вугільний контакт 8, який забезпечує електричний контакт між центральним виводом і електродом 10 бігунця 11. Через електроди 9 висока напруга надходить до 8 високовольтних виводів, призначених для приєднання з проводами високої напруги від свічок запалювання.

Для встановлення початкового кута випередження запалювання на роторі й статорі датчика зроблено позначки 20, які мають збігатися, якщо колінчастий вал двигуна перебуває в положенні, що відповідає моментові іскроутворення в першому циліндрі.

Як було сказано вище, останнім часом в усьому світі на автомобілях широко застосовують датчики, принцип дії яких ґрунтується на ефекті Холла (рис. 3.23). Ефект Холла виникає в пластині, через яку протікає струм, коли під прямим кутом на неї діє магнітне поле B . ЕРС Холла визначають за формулою

$$E_x = (K_H IB)/h$$

де K_H - стала Холла; I – сила струму; B – індукція магнітного поля; h – товщина пластини.

Максимально виявляється цей ефект у пластинах із напівпровідникового матеріалу (германію, кремнію, арсеніду галію, індію).

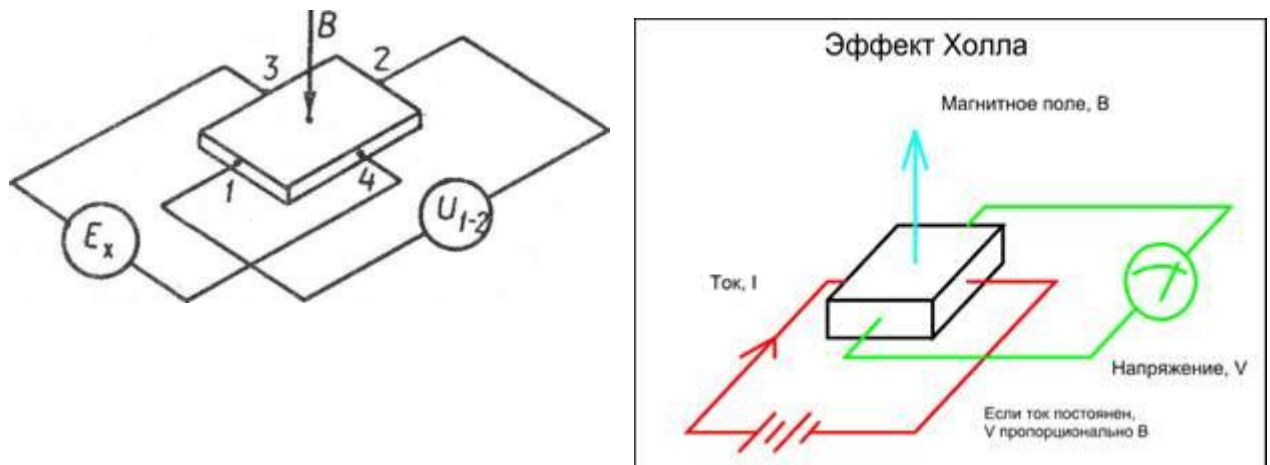


Рис. 3.23. До принципу дії датчика Холла.

Величина ЕРС Холла дуже мала і тому має бути підсилена поблизу пластини для того, щоб усунути вплив радіоелектричних перешкод. Тому конструктивно і технологічно елемент Холла і підсилювальна схема містять підсилювач 4, тригер Шмітта 5, вихідний транзистор 6 та стабілізатор напруги 7, які виготовлені у вигляді інтегральної мікросхеми (рис. 3.24).

Якщо обертається вал розподільника, а з ним і ротор 2, то магнітне поле, створене постійним магнітом 1, закривається екраном чи відкривається при проходженні прорізу. Якщо магнітне поле потрапляє на поверхню пластини, створюється ЕРС Холла, яка підсилюється підсилювачем 4 і надходить до бази вихідного транзистора 6, який відкривається. При закриванні екраном магнітного потоку в пластині не виникає ЕРС Холла і вихідний транзистор закривається.

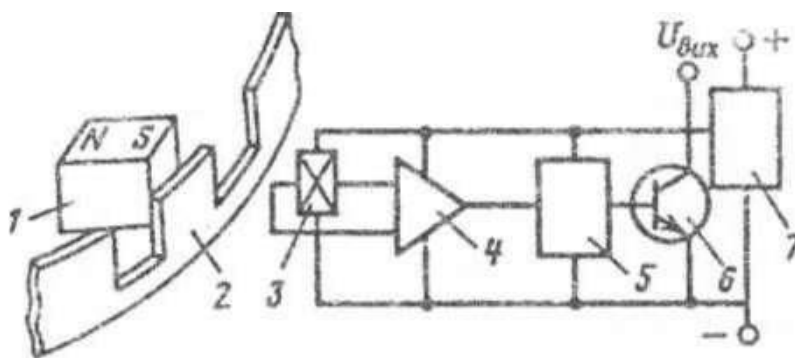


Рис. 3.24. Схема безконтактного мікроперемикача, що працює на ефекті Холла: 1 - магніт; 2 - ротор; 3 - чутливий елемент; 4 - підсилювач; 5 - тригер Шмітта; 6 - вихідний

транзистор; 7 - стабілізатор напруги

Отже, на виході мікросхеми знімаються сигнали прямокутної форми.

Прикладом реалізації датчика, що працює на ефекті Холла, служить датчик-розподільник 40.3706 (рис. 3.25), який має чутливий елемент із мікросхемою, описаною вище. Цей датчик горизонтального типу і має корпус 5,

вилитий з алюмінієвого сплаву. Датчик-розподільник приводиться в рух через муфту 1 і вал 2, на протилежному кінці якого розміщено бігунець 11. Висока напруга між свічками запалювання розподіляється за допомогою виводів, розміщених на кришці 10, прикріпленій до корпусу 5 трьома гвинтами 12. Високовольтну частину пристрою відокремлено від решти конструкції перегородкою 9. Вал 2 обертається у втулках 3 та 6, Сальник 4 перешкоджає потраплянню масла у внутрішню частину корпусу. До рухомої пластини 7, на якій закріплено напівпровідниковий датчик 13 із магнітом, приєднано тягу від вакуумного регулятора 18.

Три виводи датчика проводами з'єднано з виводами штекера 17. У прорізі датчика 13 обертається ротор (шторка) 14, який втулкою 15 з'єднаний із повідковою пластиною відцентрового регулятора 16.

Отже, під час роботи відцентрового регулятора повідкова пластина повертає замикач відносно датчика, а під час роботи вакуумного регулятора датчик разом із рухомою пластиною повертається відносно замикача.

Котушки запалювання в безконтактних системах запалювання мають таку саму конструкцію, що й у контактнотранзисторних. Обмотки з'єднано за автотрансформаторною схемою. Особливістю конструкцій є відносно низький опір первинної обмотки (0,5 Ом), що дає змогу здобувати стабільні вихідні характеристики зі зменшенням напруги живлення до 6 В.

Усі високовольтні деталі системи виготовлено зі спеціальної пластмаси типу склонаповненого напівбутилентерефталату, дуго стійкої, яка з великим запасом витримує утворювану системою високу напругу.

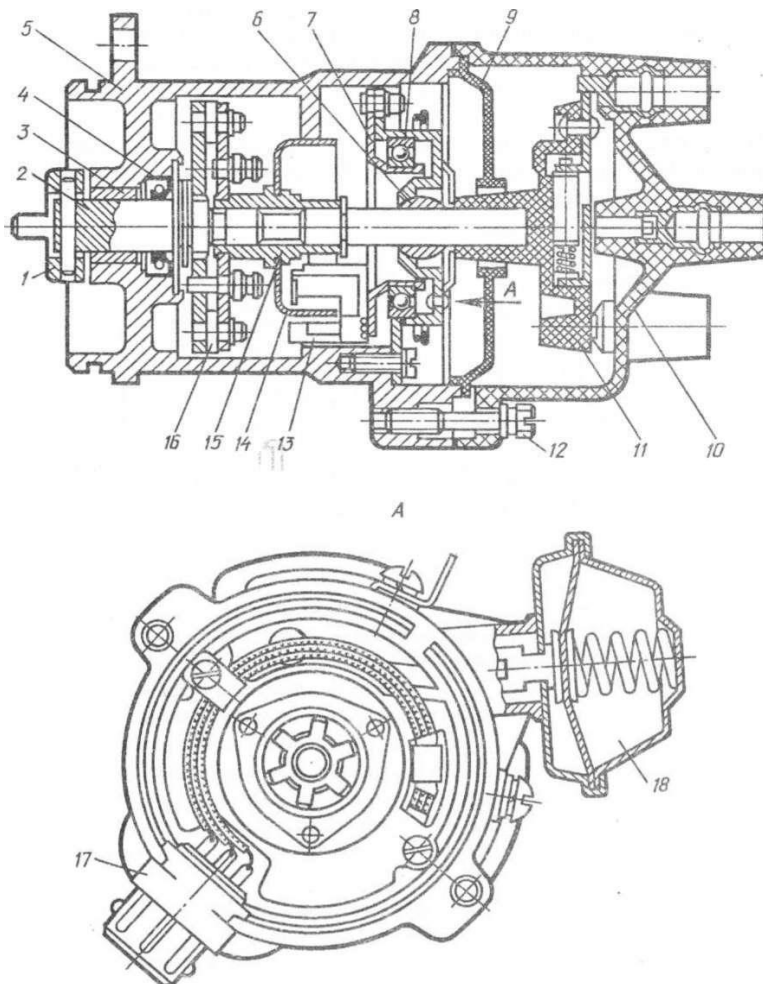


Рис. 3.25. Датчик-розподільник 40.3 706: 1 - муфта; 2 - вал; 3, 6 - втулки; 4 - сальник; 5 - корпус; 7 - рухома пластина; 8 - підшипник; 9 - перегородка; 10 - кришка; 11 - бігунець; 12 - гвинт; 13 - датчик Холла; 14 - ротор-шторка; 15 - втулка; 16 - відцентровий регулятор; 17 - штекер; 18 - вакуумний регулятор

5. Транзисторні комутатори та їх робота у безконтактних системах запалювання.

Прикладом безконтактної системи запалювання з магнітоелектричним генераторним датчиком може бути система, що встановлюється на автомобілях ГАЗ-2401, -3102, -3129, -6602 та інших модифікаціях цього заводу (рис. 3.26). Вона складається з датчика-розподільника 20.3706 чи 24.3706, транзисторного комутатора 13.373401, котушки запалювання Б116, додаткового резистора 14.3729, зблокованого з реле пуску стартера, свічок, замка запалювання.

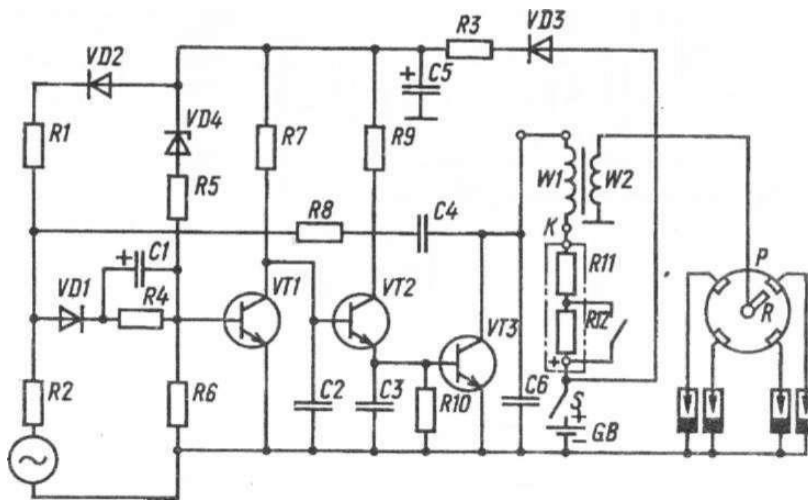


Рис. 3.26. Схема системи запалювання з безконтактним магнітоелектричним датчиком і транзисторним комутатором 13.3 734.01

При включеному замку запалювання S і непрацюючому двигуні, тобто коли ротор датчика не обертається, або при негативному півперіоді сигналу датчика база VT1 має нульовий потенціал і він закритий. База VT2 через VD3, резистори R3 та R7 отримує позитивний потенціал, і він відкривається. Струм, що протікає через VT2, створює на R10 перепад напруги з плюсом біля бази VT3, і він також відкривається. Через відкритий транзистор VT3 у первинній обмотці котушки запалювання протікатиме струм.

У наступний момент при повороті ротора датчика на деякий кут до бази VT1 через R2, VD1 та R4 надійде позитивний імпульс. Тоді транзистор VT1 відкривається, шунтуючи входи VT2 та VT3, які закриваються.

У момент закриття транзистора VT3 струм через первинну обмотку W1 переривається і у вторинній обмотці W2 виникає імпульс високої напруги, який надходить через розподільник до відповідної свічки запалювання.

Стабілітрон VD4 та резистори R3 і R5 призначені для обмеження напруги живлення, конденсатори C2, C3, C5 і C6 - для згладжування імпульсів напруги, що виникають у системі. Конденсатор C4 і резистор R8 створюють позитивний зворотний зв'язок, що сприяє прискоренню перехідного процесу (відкриттю VT1 і закриттю VT2 і VT3). Діод VD3 захищає транзистори у разі випадкової зміни полярності джерела живлення. Резистор R2 обмежує струм магнітоелектричного датчика.

Нарис. 3.27 наведена система запалювання німецької фірми «Bosch» з безконтактним генераторним датчиком. Транзистори УТ1 і УТ2 створюють моностабільний мультивібратор, транзистор УТ3 підсилює сигнал, а транзистор УТ4 перемикає первинне коло. При стійкому стані мультивібратора база-емітер транзистора УТ1 з'єднано, і він закритий, а транзистори УТ2, УТ3 та УТ4 проводять струм, оскільки є протікання струму керування по колу: «+» акумулятора - замок запалювання 8 - резистор К5 - діод УБЗ - база-емітер УТ2 - база-емітер УТ3 - маса автомобіля. При відкритому транзисторі УТ3 є і струм керування УТ4 по колу: «+» акумулятора - замок запалювання 8 - емітер-база - УТ4 - резистор Я7 - колектор-емітер УТ3 - маса. Якщо транзистор УТ4 відкрито, то струм протікає і через первинну обмотку котушки запалювання: «+» акумулятора - замок запалювання - емітер-колектор УТ4 - додатковий резистор /? — первинна обмотка котушки запалювання - маса.

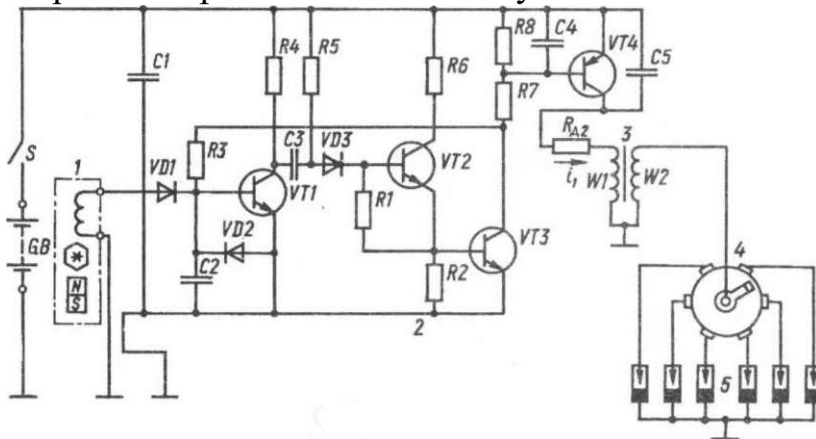


Рис. 3.27. Схема транзисторної системи запалювання фірми «Bosch» із керуванням безконтактним датчиком: 1 - магнітоелектричний датчик; 2 - транзисторний комутатор; 3 - котушка запалювання; 4 - розподільник; 5 - свічки запалювання

Із подачею на базу транзистора УТ1 позитивного потенціалу, що виробляє генераторний датчик, моностабільний мультивібратор перемикається. Транзистор УТ1 відкривається, а транзистори УТ2, УТ3 та УТ4 закриваються, струм у первинній обмотці котушки запалювання припиняється, а у вторинній виникає ЕРС високої напруги. Цей стан зберігається доти, доки напруга конденсатора C3, що заряджається через резистор К5, досягає значення, потрібного для відкриття транзистора УТ2. При цьому мультивібратор

повертається у вихідне положення. Резистор К6 призначений для прискорення процесу перемикавання. Діод УВ1 відсікає негативний півперіод датчика, що не використовується для керування. Складений транзистор УТ3-УТ4 потрібен через значний струм керування силового транзистора, оскільки регулювання значного струму керування бази за допомогою лише подільника напруги незадовільне за потужністю та нагріванням.

Розглянуті вище дві безконтактні системи запалювання мають вади, оскільки не передбачають обмеження амплітуди струму первинного кола. В них амплітуда високовольного імпульсу на вторинній обмотці котушки запалювання, як і в контактній системі, залежить від частоти обертання двигуна, а також від напруги в бортовій мережі.

На зміну таким комутаторам (з нерегульованою амплітудою первинного струму) прийшли комутатори, в яких струм заряду індуктивності, тобто час проходження струму через первинну обмотку, підтримується постійний в заданих межах шляхом керування часом відкритого стану вихідного транзистора. Це захищає вихідний транзистор комутатора від перевантажень по струму, а також стабілізує амплітуду струму заряду при зміні напруги в бортовій мережі. Вихідна напруга $U_{i2_{\text{тах}}}$ при цьому також стабілізується.

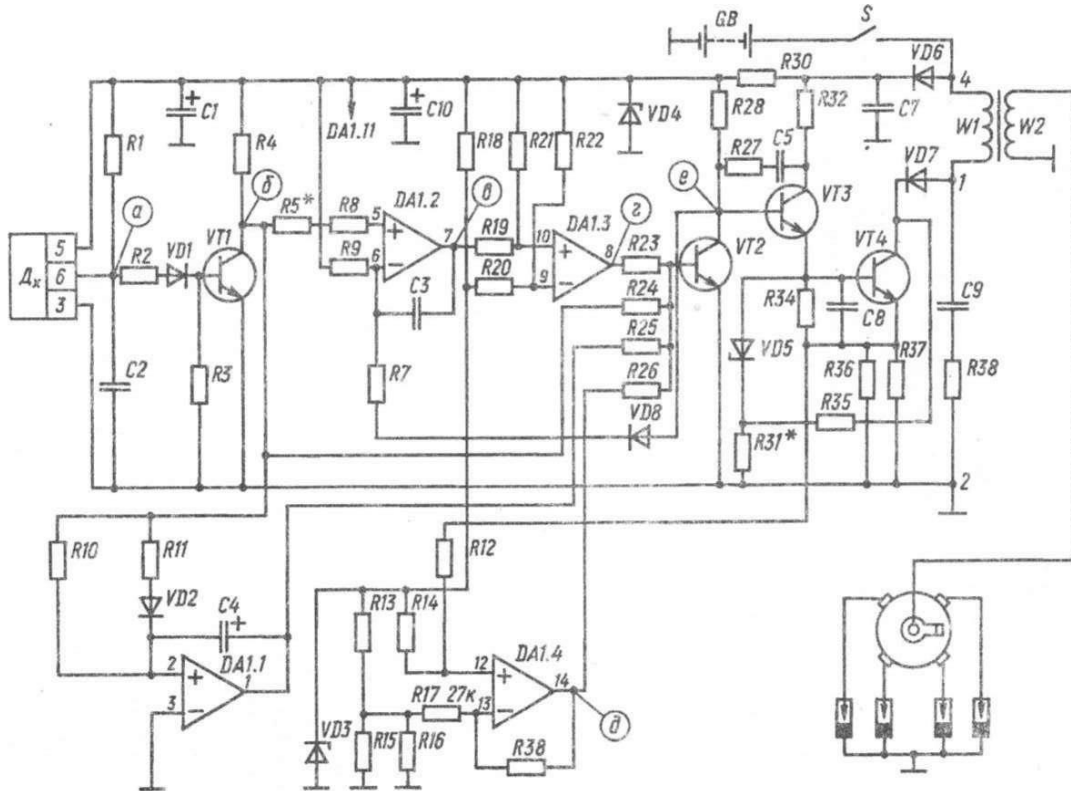
Так, на передньоприводних автомобілях ВАЗ-2108, -2109, -ПіІ та ЗАЗ-1102 встановлено безконтактну систему запалювання, яка містить транзисторний комутатор 36.3734 та датчик-розподільник 40.3706.

Принципову схему транзисторного комутатора цієї системи запалювання зображено на рис. 3.28, а діаграму, яка пояснює принцип дії роботи, - на рис. 3.29.

Комутатор містить:

- вхідний інвертор, виконаний на транзисторі УТ1;
- вузол захисту від проходження струму в котушці запалювання у випадку замкнених контактів вимикача запалювання і непрацюючого двигуна; виконаний на підсилювачі ПАІ Л;
- обмежувач струму, виконаний на підсилювачі В А 1.4 та резисторах К36 і К37;
- вихідний підсилювач, виконаний на транзисторах УТ3 і УТ4;
- стабілізатор напруги живлення, виконаний на резисторі К30 і стабілітроні УВ4;

Якщо колінчастий вал обертається, то з датчика Холла (точка а на рис. 3.28) до бази транзистора УТІ надходять імпульси прямокутної форми (діаграма а на рис. 3.28). Транзистор УТІ інвертує імпульси, що надійшли, формуючи на виході (див. точку б на рис. 3.28) сигнал б (див. діаграму б на рис. 3.28), який служить для заряджання інтегратора, складеного на підсилювачі ВАІ.2.



с. 3.28. Електрична схема комутатора 36.3734 безконтактної системи запалювання з напівпровідниковим датчиком Холла