

**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
Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

за темою - Принцип дії класичної системи запалювання

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 29.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 22.08.22 №1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 30.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 10.08.2022 № 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, д-р техн. 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. Склад класичної системи запалювання.
2. Робочий процес утворення іскрового розряду.

Рекомендована література:

Основна:

1. Сажко В.А., Електрообладнання автомобілів та тракторів- «Українська книга», Київ «Каравела» 2009 - 402с.
2. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - К.: Арістей, 2004. - 476 с.
3. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. - 168 с.
4. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002. -322 с.
5. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. - К.: Каравела, 2004. - 304 с.
6. Сажко В.А. Акумуляторні батареї. - К.: Іван Федоров, 1998. - 118 с.

Допоміжна:

7. Сажко В.А. Методичні вказівки до лабораторної роботи "Дослідження безконтактних систем запалення автомобільних двигунів". -К.: МПП, 1991.-16 с.
8. 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.
9. Акімов С.В., Здановський А.А., Корець А.М. Довідник із електрообладнання автомобілів. - М: Машинобудування, 1994. - 544 с.
10. Акімов А.В., Акімов С.В., Лайкін Л.П. Генератори зарубіжних автомобілів. – К.: За кермом, 1997. – 80 с.
11. Данов Б.А. Електроустаткування систем управління іноземних автомобілів. - М: Гаряча лінія; Телеком, 2004. – 224 с.
12. Передньопривідні автомобілі ВАЗ/В. А. Вершигора, А. П. Ігнатов, К. В. Новокшенов. - М.: ДТСААФ, 1989. - 336 с.
13. Опарін І.М., Глезер Г.М., Белов Є.А. Електронні системи запалювання. -М: Машинобудування, 1987. - 198 с.
14. Росс Твег. Системи запалювання легкових автомобілів. - М: За кермом, 1997.-96 с.
15. Росс Твег. Системи упорскування бензину. - М: За кермом, 1997. - 144 с.
16. Соснін Д.А. Автотроніки. Електрообладнання та системи бортової автоматики сучасних легкових автомобілів. - М: Солон-Р, 2005.-272 с.
17. Родічев В.А. Родічева Г.І. Трактори та автомобілі. - М: Колос, 1998.-336 з.
18. Чижов Ю.П., Акімов А.В. Електроустаткування автомобілів. - М: За кермом, 1999.-386 с.
19. Юп В.Є. Електроустаткування автомобілів. -М: Транспорт, 1995. -304 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

20. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://avia.gov.ua/>
21. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kbp.aero/>
22. Офіційний сайт журналу «Крылья» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.wing.com.ua/>

Текст лекції

1. Склад класичної системи запалювання.

Класична система батарейного запалювання (рис. 3.10) складається з таких основних елементів: джерела енергії - акумуляторної батареї 1, котушки запалювання 3, яка перетворює низьку напругу акумуляторної батареї 1 на імпульси високої напруги, потрібної для пробивання іскрового зазору свічки запалювання 6; розподільника запалювання, що має низьковольтний переривач 2 і розподільник 5 імпульсів високої напруги. Аби зменшити іскріння на контактах переривача 2, слід паралельно до них підімкнути конденсатор $C1$, який є необхідним елементом коливального контуру (цей конденсатор називають первинним). Крім цього, потрібно підімкнути вимикач (замок) запалювання 7 і вимикач 4 додаткового резистора (опору $R_{\text{доп}}$), зблокованого з вимикачем стартера. Під час пуску двигуна на період увімкнення стартера опір замикають накоротко, а щоб компенсувати зниження первинної напруги, зменшують опір первинного кола котушки запалювання.

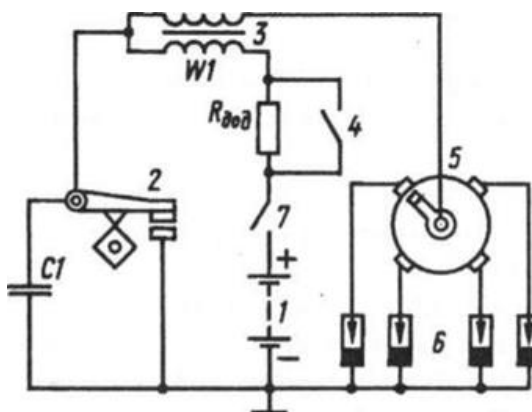


Рис. 3.10. Принципова схема класичної системи батарейного запалювання: 1 – акумуляторна батарея; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – вимикач додаткового резистора; 5 – розподільник; 6 – свічки запалювання; 7 – вимикач запалювання

Класична система батарейного запалювання працює за таким принципом. Кулачок розподільника, обертаючись одночасно з приводним валом, наперемиінно замикає та розмикає контакти переривача. Після замикання контактів (коли увімкнено вимикач запалювання) через первинну обмотку котушки запалювання починає протікати струм. Первинний струм створює магнітне поле, в якому накопичується електромагнітна енергія.

Після розмикання контактів переривача виникає перехідний процес у двох індуктивно з'єднаних контурах: один утворюють первинна обмотка котушки й іскрогасильний конденсатор, а другий - вторинна її обмотка та конденсатор вторинного кола, в якому внаслідок перехідного процесу створюється висока напруга.

У момент, коли, наростаючи, вторинна напруга досягає значення пробивної напруги свічки запалювання, пробивається іскровий зазор цієї свічки з наступними розрядними процесами. Контакти лишаються розімкненими деякий час, а тоді знову замикаються, і весь цикл роботи системи батарейного запалювання повторюється, але робоча суміш займається вже в наступному за циклом роботи двигуна циліндрі.

2. Робочий процес утворення іскрового розряду.

Робочий процес утворення іскрового розряду поділяють на три етапи: наростання первинного струму після замикання контактів; розмикання контактів переривача та виникнення ЕРС високої напруги у вторинній обмотці; пробивання іскрового зазору свічки.

Первинний струм після замикання контактів наростає від нуля до граничного значення, що залежить від електричного опору кола. Внаслідок цього виникає ЕРС самоіндукції e_L у первинній обмотці котушки запалювання, спрямована вона проти ЕРС батареї $E_b \sim C/\delta$, і сповільнює процес наростання струму. Для періоду наростання первинного струму справджується другий закон Кірхгофа:

або

де U_b - напруга на затискачах акумуляторної батареї, e_L - ЕРС самоіндукції, i_x - струм у первинній обмотці, R_x - активний опір первинної обмотки, L_x - індуктивність первинної обмотки, dI_x/dt - швидкість наростання струму в первинному колі.

Розв'язуючи це диференціальне рівняння, дістаємо:

Задаючи граничні умови $i = 0$ (момент замикання контактів) і вважаючи, що $i = \infty$ (усталений струм), маємо: якщо

$$R=0 \text{ і } L=0, \text{ то } i = I_{\text{сн}} \text{ якщо}$$

Максимальна сила струму первинної обмотки (струм розмикання i_p залежить від часу замкненого стану контактів):

де i_p - струм розмикання; t_3 - час замкненого стану контактів.

На час i_3 впливають частота обертання n колінчастого вала двигуна, кількість циліндрів 2 двигуна й час i_p розімкненого стану контактів переривача.

Позначимо $m_3 = i_3 / T$ - відносний час замкненого стану контактів, де $T = i_3 + i_p$. Тоді час замкненого стану контактів переривача -

$$i_3 \approx T \cdot \frac{1}{1 + \frac{i_p}{i_3}} \approx T \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{m_3}} \approx T \cdot \frac{m_3}{1 + m_3} \approx T \cdot \frac{1}{2} \text{ ,}$$

де $\frac{1}{2} \sim$ частота замикань контактів переривача.

Остаточно сила струму розмикання:

Отже, струм розмикання i_p залежить від електричних параметрів K та B первинного кола. Струм i_p зменшується із збільшенням частоти обертання колінчастого вала й кількості циліндрів двигуна і зростає зі збільшенням відносного часу замкненого стану контактів x_3 . Збільшити цей час можна тільки за рахунок зменшення часу розімкненого стану i_p . Проте $T_3 = 0,63$ і подальшого збільшення допустити не можна, оскільки кулачок переривача в цьому разі виходить дуже гострим, що спричинює удари молоточка та підвищене спрацювання переривача.

Після розмикання контактів переривача струм у первинній обмотці та магнітний потік, який він створив, за дуже короткий інтервал часу зникають. У вторинній обмотці котушки наводиться висока напруга 15-20 кВ, яка залежить від ряду параметрів первинного і вторинного кіл. До них належать: сила струму розмикання, коефіцієнт трансформації, індуктивність первинної обмотки, ємність обох кіл та ін.

Щоб визначити аналітичну залежність максимальної вторинної напруги від зазначених параметрів, розглянемо енергетичний баланс котушки запалювання.

Електромагнітна енергія в момент розмикання контактів, накопичена в магнітній системі котушки запалювання:

Ця енергія перетворюється на електростатичну, яка накопичується в конденсаторах $C1$ і $C2$ вторинного кола і частково перетворюється на теплоту. Отже, рівняння балансу енергії у початковий момент розмикання можна записати у вигляді:

де 1 - кількість витків у первинній і вторинній обмотках .2 відповідно; A - теплові втрати. Після перетворень отримуємо:

де $\Gamma = 0,75-0,85$ - коефіцієнт, який враховує зменшення вторинної напруги внаслідок теплових втрат.

Іскровий зазор свічки пробивається, коли вторинна напруга U_2 досягне значення, достатнього для цього.

З'ясовано, що електричний розряд має дві складові: ємнісну й індуктивну. Ємнісна складова - це розряд енергії, яка накопичена у вторинному колі, зумовлений його ємністю C_2 . Це яскрава іскра блакитного кольору. Ємнісний розряд супроводжує специфічне тріскотіння.

Індуктивна складова розряду складається з решти енергії, оскільки ємнісний розряд розпочинається і закінчується раніше, ніж вторинна напруга досягне свого максимального значення. Струм індуктивної частини розряду становить 80-100 мА, а його тривалість на 2-3 порядки більша, ніж ємнісної. Колір іскри має блідий бузково-жовтий колір.