

**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»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

272 Авіаційний транспорт
Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів

за темою - Принцип дії класичної 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. 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» 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/ПІДРУЧНИК-З-БУДОВИ-АВТОМОБІЛЯ.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)
1. 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)
2. 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)
3. 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)
4. 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)
5. 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)
6. 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. 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 СІ, який є необхідним елементом коливального контуру (цей конденсатор називають пер-

винним). Крім цього, потрібно підімкнути вимикач (замок) запалювання 7 і вимикач 4 додаткового резистора (опору $K_{\text{доп}}$), 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.

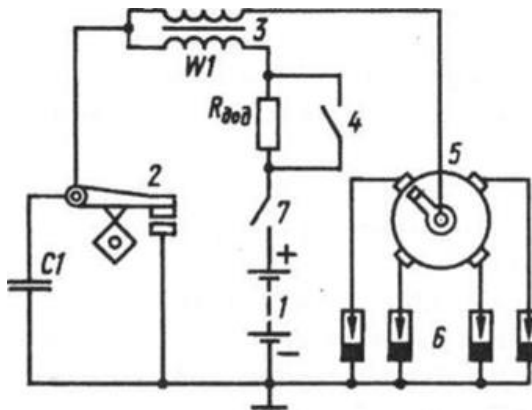


Рис. 3.10. Принципова схема класичної системи батарейного запалювання: 1 – акумуляторна батарея; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – вимикач додаткового резистора; 5 – розподільник; 6 – свічки запалювання; 7 – вимикач запалювання

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 $e_{\text{с}}$ у первинній обмотці котушки запалювання, спрямована вона проти ЕРС батареї $E_{\text{б}} \sim C/\delta$, і сповільнює процес наростання

струму Для періоду наростання первинного струму справджується другий закон Кірхгофа:

або

де U_0 - напруга на затискачах акумуляторної батареї, \mathcal{E} - ЕРС самоіндукції, i_x - струм у первинній обмотці, R_x - активний опір первинної обмотки, L_x - індуктивність первинної обмотки, $\frac{di}{dt}$ - 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

$$R=0 \text{ і } L=0, \text{ то } i = I \quad \text{СП}$$

якщо

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

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

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

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

$$i_z = I \cdot \frac{1}{120T_z} \sim \pi - 2,$$

де $2-60 \sim$ 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_z . Збільшити цей час можна тільки за рахунок зменшення часу розімкненого стану i_p . Проте $T_z = 0,63$ 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 $C2$. 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.