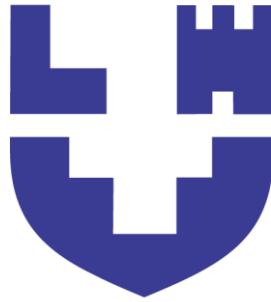


**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет**



ЕЛЕКТРИЧНЕ ТА ЕЛЕКТРОННЕ ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ

методичні вказівки до лабораторних занять
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Автомобільна електроніка»
галузі знань 17 (G) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
спеціальності 171 (G5) Електроніка
(Електроніка, електронні комунікації,
приладобудування та радіотехніка)
денної та заочної форм навчання

УДК 629.113:621.3:621.38
E50

До друку

Голова вченої ради факультету робототехніки та штучного інтелекту _____ Анатолій ТКАЧУК

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ ім. професора Віктора Божидарніка

Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛІЩУК

Затверджено вченою радою факультету робототехніки та штучного інтелекту ЛНТУ, протокол № _____ від _____ 2026 року.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки фізики та СМАРТ-систем ЛНТУ, протокол № 1 від 12 травня 2026 року.

В.о. завідувача кафедри електроніки фізики та СМАРТ-систем к.т.н., доцент _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ

Укладач: _____ Станіслав ПРИСТУПА, к.т.н., доцент кафедри кафедри електроніки фізики та СМАРТ-систем ЛНТУ
(підпис)

Рецензент: _____ Віктор ДЕНИСЮК, к.т.н., доцент кафедри автоматизації та безпілотних систем ЛНТУ
(підпис)

Відповідальний за випуск: _____ Валентин ЗАБЛОЦЬКИЙ, к.т.н., в.о. завідувача кафедри електроніки фізики та СМАРТ-систем ЛНТУ
(підпис)

E50 Електричне та електронне обладнання автомобілів. Методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 (G5) Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. С. О. Приступа, Луцьк: ЛНТУ, 2026. 100 с.

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни «Електричне та електронне обладнання автомобілів» містить комплекс робіт для розширення необхідних теоретичних знань в області знань про електричні та електронні системи автомобіля. Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 (G5) Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання.

С.О. Приступа, 2026

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторне заняття №1 Визначення номінальних параметрів, вивчення комутаційної апаратури та елементів захисту електрообладнання автомобіля.....	5
Лабораторне заняття №2 Дослідження автомобільного генератора	9
Лабораторне заняття №3 Дослідження механічних та електромеханічних характеристик стартера.....	20
Лабораторне заняття №4 Дослідження електронної системи запалювання.....	25
Лабораторне заняття №5 Дослідження автомобільних систем освітлення.....	34
Лабораторне заняття №6 Дослідження приладів звукової сигналізації автомобіля.....	53
Лабораторне заняття №7 Дослідження датчика детонації.....	56
Лабораторне заняття №8 Дослідження лямбда-зонда (датчика кисню).	60
Лабораторне заняття №9 Дослідження датчика струму електромобіля	71
Лабораторне заняття №10 Дослідження роботи паркувального асистента автомобіля.....	77
Інформаційні джерела.....	98

ВСТУП

Стрімкий розвиток автомобільної техніки супроводжується широким впровадженням електронних систем керування, контролю та діагностики, що забезпечують підвищення безпеки руху, економічності, екологічності та комфорту сучасних транспортних засобів. Сучасний автомобіль являє собою складний комплекс електричних і електронних пристроїв, об'єднаних у єдину інформаційно-керуючу систему, функціонування якої базується на використанні мікропроцесорної техніки, цифрових датчиків, електронних блоків керування та систем обміну даними.

Дисципліна «Електричне та електронне обладнання автомобілів» спрямована на формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок у галузі автомобільної електроніки, принципів побудови та функціонування електронних систем сучасних транспортних засобів, а також методів їх діагностування та технічного обслуговування.

Метою лабораторних робіт є закріплення теоретичних знань щодо будови та принципу дії електронних систем автомобіля, набуття практичних навичок роботи з електронними компонентами, діагностичним обладнанням і програмними засобами контролю технічного стану автомобільних систем. Під час виконання лабораторних робіт студенти досліджують роботу електронних систем керування двигуном, систем упорскування палива, електронних систем запалювання, систем пасивної та активної безпеки, електронних систем комфорту та бортової діагностики.

Особлива увага приділяється вивченню принципів роботи датчиків, виконавчих механізмів, електронних блоків керування (ECU).

Методичні рекомендації містять теоретичні відомості, порядок виконання лабораторних робіт, вимоги до оформлення звітів, контрольні запитання та практичні завдання. Їх використання сприятиме формуванню професійних компетентностей майбутніх фахівців у сфері технічного обслуговування, діагностики та ремонту електронних систем автомобілів.

Лабораторне заняття №1

Тема. Визначення номінальних параметрів, вивчення комутаційної апаратури та елементів захисту електрообладнання автомобіля.

Мета. Ознайомитися з номінальними параметрами елементів електрообладнання автомобіля. Дослідити принцип дії комутаційної апаратури прямої та дистанційної дії. Вивчити конструкцію та призначення запобіжників. Освоїти методику визначення перерізу проводу та вибору запобіжника для заданого кола.

Автомобільне реле – це електричний пристрій, що використовується в автомобільних системах для керування електричним струмом. Це важлива частина електричної системи автомобіля, яка дозволяє ефективно керувати різними пристроями і системами, такими як освітлення, вентиляція, обігрів, запуск двигуна тощо.

Тестер реле автомобільний допомагає підтримувати електричну систему авто у справному стані. Автомобіль – це складна система, де багато компонентів пов'язані між собою і мають працювати синхронізовано, щоб забезпечити рух. Особливо це стосується електричних кіл та їх елементів. Реле контролює стрибки напруги, захищаючи пристрої всередині авто, що відповідають за: системи запуску двигуна, освітлення; вентиляцію; обігрів; та багато інших.

Їх правильна робота гарантує безпеку руху, тому під час регулярного технічного огляду не обійтись без автомобільного тестера реле.

З назви тестер для перевірки автомобільних реле випливає, що він виконує функцію тестування цих елементів на працездатність.



Тестер реле автомобільний – вигляд спереду

Як це відбувається? Основні кроки цього процесу:

1. Прилад подає напругу на керуючі контакти реле і перевіряє, чи спрацьовує електромагнітна котушка всередині.

2. Водночас проходить оцінка силових контактів, які в робочому стані повинні пропускати струм.

3. Після перевірки реле пристрій видає відповідну світлову та звукову індикацію – зазвичай зелену при справності і червону при неполадці.

Таким чином легко визначити чи придатне реле до користування, чи потребує заміни. Причому процедура займає кілька секунд, що дуже економить час при перевірці кількох штук одразу.

З тестером легко перевірити, чи справні ваші електричні кола, не розбираючи всю систему на частини. Перевіливши реле, ви точно будете знати, які з них справні, а які – ні. Причому впоратися з діагностикою може навіть людина з мінімальним досвідом.

Пристрій для тестування реле буде корисним як для гаражного застосування власником авто, так і для авторемонтної майстерні. Серед напрямків застосування інструменту:

Автосервіси та СТО. Можна швидко провести діагностику електричної системи без розбирання проводки.

Для самостійної діагностики. Завдяки перевірці реле автомобіля власноруч можна знайти несправність склоочисників, фар, сигналу, паливного насоса чи інших електрозалежних елементів.

Магазини автозапчастин. Нові реле можна тестувати перед продажем, аби впевнитись в їх працездатності.

Виробництво та складські приміщення. Видаючи запчастини, варто переконатися у відповідності якості.

Використання надійного перевіркового приладу може запобігти більш серйозним несправностям, що напряду впливають на безпеку руху. Тому наявність такого приладу для перевірки реле є обов'язковою для кожного водія або автосервісу.

Автомобільний тестер реле – незамінний помічник з низкою переваг при використанні. Але як обрати саме той девайс, який вам потрібний? Серед основних характеристик, на які необхідно звернути увагу:

Типи підтримуваних реле. Вони мають збігатися з тими, що є у вас. Зазвичай моделі підтримують і 4, і 5-пінові. Ви маєте можливість вибрати тип безпосередньо перед тестуванням.

Живлення. Найчастіше пристрій працює від автомобільного акумулятора (11-15 В), підключаючись за допомогою затискачів типу «крокодил» до плюсового та мінусового полюсів.

Індикатори. Їх наявність допомагає легко визначити справність: зелений колір – норма, червоний – незадовільний стан.

Додаткові функції. Тестер для перевірки автомобільних реле може також випробовувати й запобіжники або самостійно визначати тип елемента і відповідно вибирати режим тестування.

Перед використанням девайсу, ознайомтесь з інструкцією виробника та

дотримуйтесь усіх заходів безпеки при роботі з електричними компонентами автомобіля.

Огляд тестера реле автомобільного на 12 В

Автомобільний тестер реле на 12 В – це незамінний інструмент, що використовує акумулятор авто для перевірки працездатності реле. Легкий у використанні – інтерфейс зрозумілий та простий. Оцінити результати вимірювання можна за допомогою світлодіодів.

Переваги, які надає використання пристрою для тестування реле:

Вибір між 4 та 5-контактними реле. Ви можете випробовувати різні типи елементів. Світлодіодна індикація, що дозволяє швидко зрозуміти результати.

Висока сумісність з акумуляторами. Ви можете використовувати батареї від легкових чи вантажних авто, що мають напругу в межах 11-15 В.

Тестування часу спрацювання контактів та узгодженості роботи. При невідповідності швидкості або синхронності видає негативний результат.

Простота у використанні – інтуїтивний інтерфейс, зрозумілий навіть новачку, не потребує спеціальної підготовки.

Підходить для опору котушки понад 20 Ом, що мінімізує ризик пошкодження елементів автомобіля.

Модель має невеликий корпус із міцного пластику, що робить його ідеальним переносним інструментом, який не займає багато місця в авто.

Щоб правильно провести тестування за допомогою девайса, необхідно дотримуватись правил використання. Вони такі:

Під'єднайте дроти живлення тестера до автомобільного акумулятора: чорний затискач – від'ємний полюс акумулятора (-), червоний – позитивний (+). Ви зрозумієте, що тестер готовий до роботи, коли індикатор загориться червоним.

Оберіть потрібний тип 4 чи 5 пінів залежно від кількості контактів.

Вставте реле у розетки на приладі. ● Натисніть кнопку «Test». Під час нього перевіряється конфігурація контактів. Якщо загоряється червоний – контакти не збігаються з поширеними типами або контакт пошкоджений. Якщо все нормально, то прилад розмикає і замикає реле 10 разів для перевірки часу. Ви будете чути характерне клацання. При перевищенні часу – знову червоне світло.

Після десятикратної перевірки тестер оцінює стабільність роботи, видаючи відповідний світловий сигнал.

Після завершення роботи не забудьте від'єднати дроти живлення від акумулятора.

Автомобільний тестер реле виконує перевірку елементів з 4 та 5 контактами. Перед початком випробувань виставте коректну кількість за допомогою перемикача.

Що означає, якщо реле проходить тест по контактах, але тестер показує помилку на етапі перевірки часу спрацювання?

Такий результат може свідчити про уповільнену реакцію реле. Це часто

трапляється через зношену котушку, нагар на контактах або механічний знос. У такому разі елемент краще замінити, адже він уже «напівдорозі» до несправності.

Чи можна перевірити кілька реле підряд без відключення тестера від акумулятора?

Так, тестер для перевірки автомобільних реле розрахований на тривале підключення. Головне — не залишайте його ввімкненим без навантаження надовго (понад 10–15 хвилин), щоб уникнути перегріву елементів і розрядження акумулятора.

Лабораторне заняття №2

Тема. Дослідження автомобільного генератора

Мета. Вивчити будову, принцип дії та дослідити електричні характеристики автомобільного генератора.

Теоретичні відомості

Генератор – основне джерело електроенергії на автомобілі, що забезпечує живлення споживачів та заряджання акумуляторної батареї під час роботи двигуна.

Принцип дії генератора змінного струму ґрунтується на явищах електромагнітної індукції. Магнітний потік у генераторі (рис. 2.1) створюється обмоткою збудження під час протікання в ній постійного електричного струму.

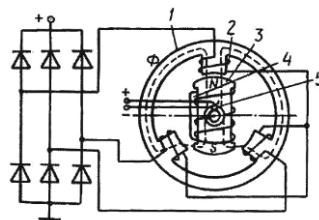


Рисунок 2.1. – Схема автомобільного генератора змінного струму: 1 — статор; 2 — обмотка статора; 3 — полюс ротора; 4 — обмотка збудження; 5— щітки

Нині випускають два типи генераторів змінного струму: з *контактними кільцями й щітками* і *безконтактні індукторні*.

Найбільшого розповсюдження набули генератори змінного струму з випрямлячем та інтегральним регулятором напруги.

Магнітний потік із полюса S, перетинаючи повітряний зазор, пронизує зубець ротора, статор і, вдруже перетинаючи повітряний зазор, досягає полюса N. Цей шлях на рис. 2.1 позначено штриховою лінією. Під час обертання ротора під кожним зубцем статора проходить навперемінно то північний, то південний полюс ротора. Магнітний потік протікає через зубці статора, змінюється за величиною й напрямом і перетинає провідники трифазної обмотки, закладеної в пази між зубцями, витках якої індукується змінний струм .

Змінний струм генератора перетворюється на постійний за допомогою випрямляча, який має шість діодів (рис. 2.2, а), що створюють трифазну мостову схему. Перша група — це діоди *VD1, VD3 і VD5*, катоди яких з'єднані між собою, створюють позитивний полюс випрямленої напруги, друга група — діоди *VD2, VD4 і VD6*, аноди яких з'єднані між собою, створюють негативний полюс випрямленої напруги.

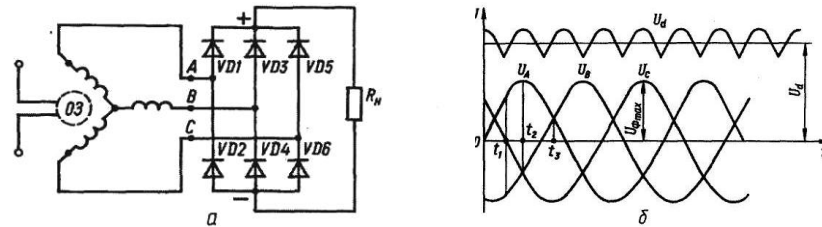


Рисунок 2.2. – Трифазний випрямляч генератора: *а* – схема генераторної установки; *б* – графік зміни напруги щодо часу

У кожний момент часу працюють два діоди — по одному з кожної групи. В першій групі струм проводить той діод, анод якого перебуває під найбільшим потенціалом; у другій групі струм проводить діод, катод якого перебуває під найменшим потенціалом.

Наприклад, в інтервалі часу $t_1...t_2$ струм протікає від фази A до фази B через діод $VD1$, що має найбільший потенціал аноду в першій групі, навантаження R_H та діод $VD4$, який має найменший потенціал у другій групі. В момент t_z замість діода $VD4$ починає працювати діод $VD6$, а діод $VD1$ проводить струм ще $1/6$ періоду до моменту t_3 , потім на заміну діода $VD1$ приступає до роботи діод $VD3$. Отже, кожний діод пропускає струм протягом однієї третини періоду. Трифазна мостова схема випрямлення струму забезпечує відносно невеликі пульсації випрямлення напруги. Так, випрямлена напруга визначається координатами між верхніми та нижніми дугами фазних напруг U_A , U_B та U_C (рис. 2.2, б). Тому випрямлена напруга — U_d пульсуюча, і частота пульсації в 6 разів більша, ніж частота змінної напруги, тобто $f_n = 6f = (6pn)/60 = 0,1 pn$.

Характеристики генератора

Оскільки ГУ приводиться від ДВЗ частота обертання ротора змінюється в значних межах, тому до ГУ встановлені вимоги, щодо забезпечення живлення споживачів при різних частотах обертання та навантаження (при недостатній потужності генератора на холостому ході СтАКБ – розряджається). Таким чином при використанні ГУ важливим є визначення струмошвидкісної характеристики генератора (СШХГ) (рисунок 2.3) – залежність струму навантаження генератора I_H від частоти обертання його ротора $I_H = f(n_p)$ при $U_\Gamma = \text{const}$, чи визначення частот обертання, що відповідають наперед заданим напрузі і струму навантаження генератора. За СШХГ видно, що для генератора змінного струму характерне явище самообмеження за струмом навантаження це пояснює відсутність у ГУ такого типу реле-регулятора струму.

Зовнішня характеристика генератора (ЗШХГ) (рисунок 2.4) – залежність напруги генератора U_Γ від струму навантаження $U_\Gamma = f(I_H)$ при постійних частотах обертання $n_p = \text{const}$ і визначеному значенні струму збудження I_3 .

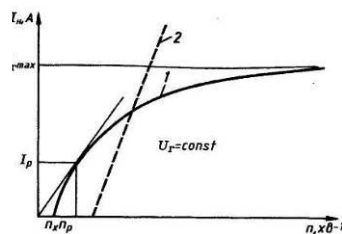


Рисунок 2.3 –
Струмошвидкісна
характеристика
генераторів:
1 - змінного струму;
2 - постійного
струму

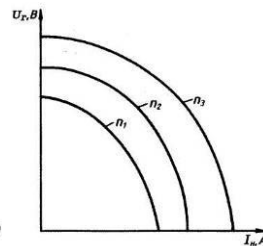


Рисунок 2.4 –
Зовнішня
характеристика
генератора

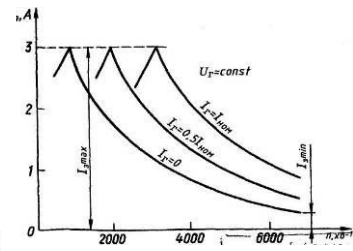


Рисунок 2.5 –
Швидкісна
регульовальна
характеристика

Іншою важливою характеристикою генератора є швидкісна регульовальна характеристика (ШРХГ) (рисунок 2.5)– залежність струму збудження генератора від частоти обертання при незмінному значенні струму навантаження $I_z = f(n)$ при $I_n = \text{const}$. Ця характеристика визначається для декількох значень струму навантаження починаючи від $I_n = 0$ до $I_n = I_{ном}$.

Швидкісні регульовальні характеристики дозволяють визначити діапазон зміни струму збудження із зміною навантаження при постійній напрузі на різних частотах обертання.

Зниження напруги при збільшенні навантаження на генераторі відбувається через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток статора, розмагнічувальної дії реакції якоря, а також внаслідок спаду напруги у випрямному колі

Випробування генератора Генератор випробовується в двох режимах: *без навантаження* і *під навантаженням* на стендах Э211, 532-М, КИ968 і ін. А також перевіряється стан генератора за осцилограмою вихідної напруги з використанням осцилографа.

Генератор з інтегральним регулятором напруги випробовують при приймально-здавальних випробуваннях перевіряють, зібраним з регулятором за напруги 12,5-13 чи 25-26 В, для генератора відповідно на 14 і 28 В. При проведенні типових, періодичних випробувань інтегральний регулятор пере налаштовують для перевірки ГУ за номінальних напруг. За неможливості переналаштування використовують зняття характеристик ГУ за дещо знижених напруг та частот обертання зазначених у технічній документації, або замінюють інтегральний регулятор напруги, зібраний зі щітковим вузлом, на звичайний щітковий вузол, тоді генератор перевіряють звичайним способом як Г без вмонтованого РН.

Принцип випробувань на різних стендах аналогічний, стенди різняться конструктивним виконанням, набором функцій, тому **Обов'язково перед випробуванням чи визначенням характеристик попередньо узгодити електричні схеми стенда та досліджуваного генератора!** (приклад схематичних рішень рис. 2.6,2.7)).

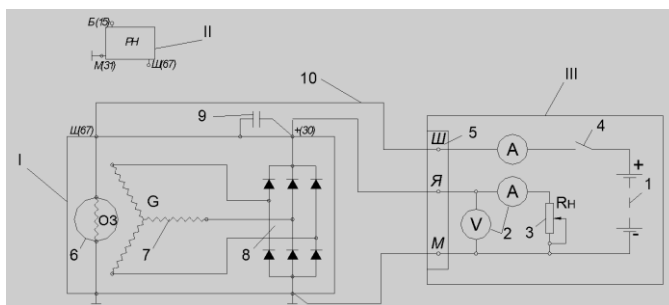


Рисунок 2.6 – Схема підключення генератора при випробуванні на стенді без РН: I – генератор, (II – реле-напруги), III – електрична частина стенда, 1 – СтАКБ (12, 24В), 2 – вимірювальні прилади, 3 – реостат навантаження, 4 – вимикач, 5 – з'єднувальна колодка, 6 – ротор генератора, 7 – обмотка статора генератора, 8 – напівпровідниковий випрямляч, 9 – конденсатор генератора, 10 – з'єднувальні провідники.

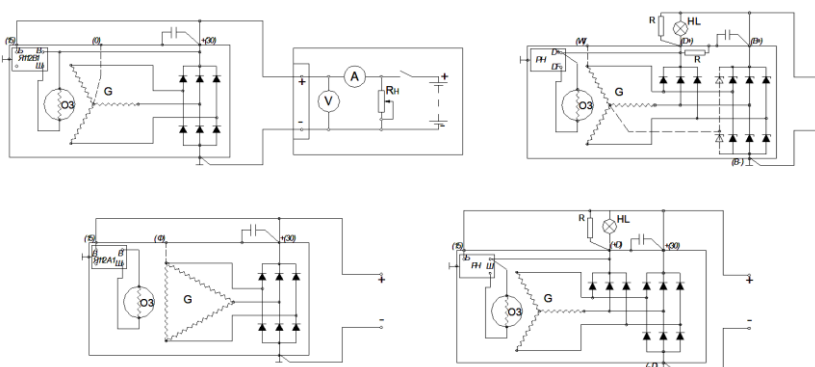


Рисунок 2.7 – Схеми підключення генератора з інтегральним регулятором при випробуванні на стенді: G – генератор, ОЗ – обмотка збудження; РН – реле напруги, HL – лампа розжарювання, R – резистор.

Перевірка генератора електронним осцилографом

Осцилограф дозволяє за формою кривої випрямленої напруги точно і швидко перевірити справність генератора і визначити характер пошкодження.

Для перевірки збирають схему згідно рис. 2.9 Від'єднати наконечник 3 загального виводу трьох додаткових діодів від штекера D+ регулятора напруги і вжити заходи, щоб наконечник від'єданого проводу не замкнувся з масою генератора. До штекера D+ регулятора 2 приєднати провід від акумуляторної батареї через вимикач 4. Таким чином, обмотка збудження живитиметься тільки від акумуляторної батареї.

Увімкнути електродвигун стенду і довести частоту обертання ротора до $1500\text{--}2000 \text{ хв}^{-1}$. Вимикачем 5 відімкнути акумуляторну батарею 6 від клем В+ генератора і реостатом 7 встановити струм 10 А.

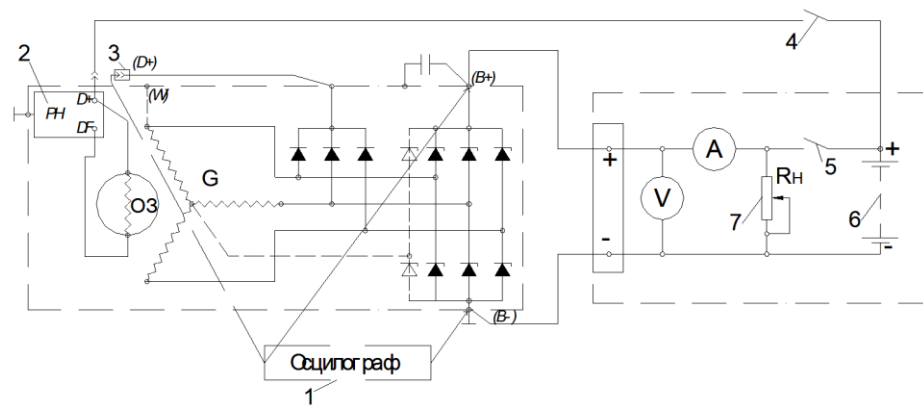


Рисунок 2.9 – Схема з'єднань системи генератора: 1 – осцилограф; 2 – реле напруги; 3 – вивід проводу «D+»; 4,5 – вимикачі; 6 – акумуляторна батарея.

Перевірити за осцилографом 1 напругу на клемі В+ генератора. При справних вентилях і обмотці статора крива випрямленої напруги має пилкоподібну форму з рівномірними зубцями (рис. 2.10, а). Якщо є обрив в обмотці статора або обрив або коротке замикання у вентилях випрямного блоку – форма кривої різко змінюється: порушується рівномірність зубців і з'являються глибокі западини (рис. 2.10, б і в).



Рисунок 2.10 – Форма кривої випрямленої напруги генератора: а — генератор справний; б — вентиль пробитий; в — обрив в колі вентиля (обмотці статора).

Після перевірки форми кривої напруги на клемі В+ генератора за умови, що вона має нормальний вигляд, перевірити напругу на штекері D генератора при від'єднаному проводі від штекера D+ регулятора напруги. Штекер D є загальним виводом трьох додаткових діодів (див. рис. 2.11), живлячих обмотку збудження при роботі генератора. Крива напруги тут також повинна мати правильну пилкоподібну форму. Неправильна форма кривої свідчить про пошкодження додаткових діодів.

Напруга на клемі D+ генератора носить пульсуючий характер. Ці пульсації можна використовувати для діагностики генератора. Осцилограму напруги на клемі D+ необхідно досліджувати. Якщо пульсації ідентичні - генератор працює нормально, якщо ж картинка на екрані осцилографа має порушення симетрії - в генераторній установці присутня несправність. По даній осцилограмі можна судити про стан обмоток стартера і всіх випрямних діодів.

На автомобілі отримати осцилограму напруги на клемі D+ діагностуючи генератор змінного струму слід при частоті обертання колінчастого валу двигуна близької 2500 хв^{-1} . При цьому необхідно створити навантаження на генератор – включити головне освітлення, обігрів заднього скла автомобіля.

Для отримання осцилограми напруги на клемі D+ генератора, чорний затискач осцилографічного щупа повинен бути підключений до металевої частини

корпусу генератора В-, пробник осцилографічного щупа повинен бути підключений до клемми D+ генератора (див. рис.2.11).

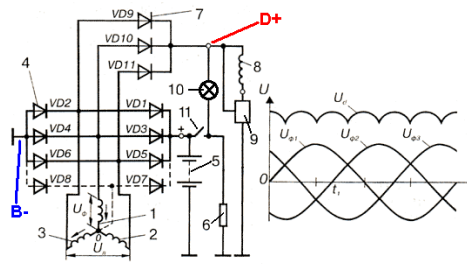
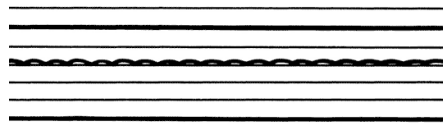


Рисунок 2.11 – Схема підключення осцилографа до ГУ: $U_{\phi 1}$, $U_{\phi 2}$, $U_{\phi 3}$ - напруга в обмотках фаз; U_d - випрямлена напруга; 1, 2, 3 - обмотки трьох фаз статора; 4 (VD1 - VD6, (VD7, VD8)) - діоди силового випрямляча; VD2, VD4, VD6, (VD8) - негативні діоди силового випрямляча; VD1, VD3, VD5, (VD7) - позитивні діоди силового випрямляча; 5 - акумуляторна батарея; 6 - навантаження (електроспоживачі); 7 (VD9 - VD11) - діоди випрямляча обмотки збудження; 8 - обмотка збудження; 9 - регулятор напруги; 10 - індикатор заряду; 11 - замок запалювання; + - клемма "+" акумуляторної батареї; В- - точка підключення чорного затискача осцилографічного щупа; D+ - точка підключення пробника осцилографічного щупа.

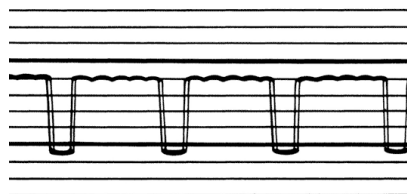
Осцилограма вихідної напруги генератора змінного струму в робочому стані.



Постійна напруга має невеликі гармонійні коливання. При роботі регулятора напруги генератора на осцилограмі можуть бути видно коливання з невеликими піками (максимумами напруги) при змінах навантаження на генератор, наприклад при включенні/виключенні фар автомобіля. Крім того, невеликі додаткові піки можуть виявитися унаслідок роботи кола запалення. Невеликі відхилення можна легко відрізнити від несправності, оскільки при неполадках коливання набагато більше.

Типові несправності генератора.

Осцилограми вихідної напруги генераторів з найпоширенішими несправностями.



Обрив кола діода збудження.

Осцилограма напруги сильно спотворена.



Обрив кола позитивного діода сполученого з виводом "+" генератора.



Обрив кола негативного діода сполученого з виводом "-" генератора.



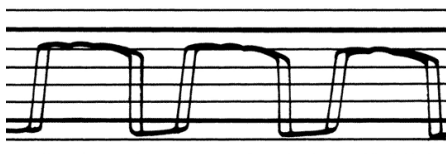
Коротке замикання діода збудження.

Коротке замикання діода збудження виводить генератор з ладу приблизно на половину хвилі.

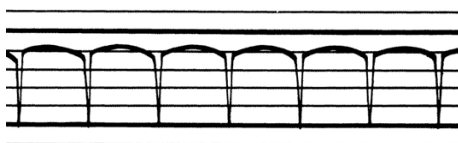


Коротке замикання позитивного діода.

Коли в позитивному діоді відбувається коротке замикання, з'являються тільки дві напівхвилі.

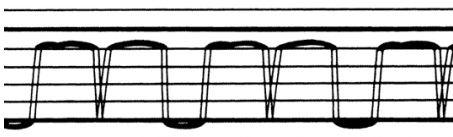


Коротке замикання негативного діода.



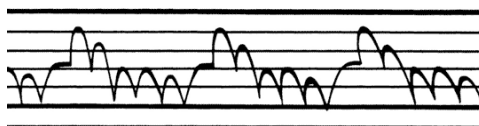
Дефект обмотки статора.

Якщо присутній дефект фази або відбулося коротке замикання між двома фазами, то осцилограма буде такою, як показана на малюнку. Після кожної хвилі слідує вузький, але глибокий провал.



Декілька неполадок одночасні.

Дві або більш несправності можуть бути присутнім в генераторі одночасно. Хоча це рідко трапляється, але тут теж можна виділити визначені характерності. На малюнку показані несправність фази і коротке замикання в негативному діоді.



Пошкоджені, але все ще працюючі випрямні діоди.

Діоди з порушеною провідністю таку осцилограму, як показана на малюнку, відбувається підвищення і пониження хвиль. Відхилення, показані на малюнку, дуже великі. Генератор необхідно усунути від роботи і перевірити.

Реле-регулятори напруги (РН) Автомобільний генератор працює в специфічних умовах. Частота обертання двигуна безперервно змінюється. Навантаження дуже коливається залежно від кількості увімкнених споживачів. Ступінь зарядженості акумуляторної батареї змінюється в широких межах, але напруга на затискачах генератора має бути практично постійною (відхилитися від розрахункової не більш як на 3%), а акумуляторна батарея повинна заряджатися струмом, який відповідає її стану. Виконати попередньо перелічені умови й забезпечити нормальну роботу генератора можна, застосувавши реле-регулятор. Найбільшого застосування набули інтегральні РН вмонтовані у генератор. *Інтегральна схема* – це пристрій, створений одним технологічним циклом і складений з електрично з'єднаних між собою елементів, що виконують функції транзисторів, резисторів, конденсаторів, діодів, і вміщені у спільний нерозбірний корпус. Інтегральним передували контактні, контактнотранзисторні чи безконтактнотранзисторні РН. На сьогодні інтегральні РН, як правило, виконані в одному корпусі зі щітковим вузлом, є не розбірні і не регульовані (рисунок 2.12).



Рисунок 2.12 – Інтегральний регулятор напруги *а*, у виконанні зі щітковим вузлом *б*.

Перевірка інтегральних регуляторів проводиться за спеціальними методиками зумовленими їх електронною схемою. Справність регуляторів перевіряють, вмикаючи їх до джерела живлення за відповідною схемою (наприклад рисунок 2.13). Як навантаження кола збудження використовують лампу. У регуляторах серії Я120 передбачено посезонне регулювання для зимового «З» і літнього «Л» режимів заряджання акумуляторної батареї, яке дає змогу змінювати напругу в межах 1-2 В. Якщо гвинт укрутити до упору в корпус (положення «З»), напруга генератора підвищується, а якщо викрутити (положення «Л») – зменшується на 1-2 В.

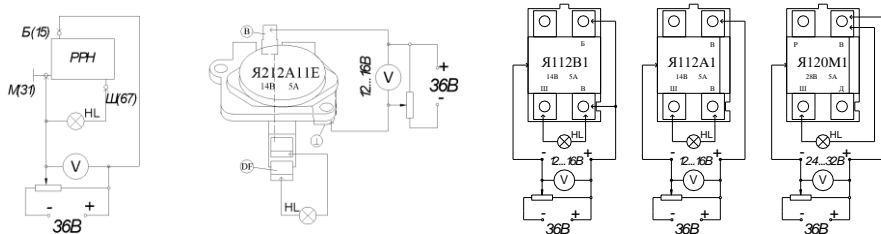


Рисунок 2.13 – Схема перевірки роботи здатності РН

Несправності генераторної установки. Розрізняють несправності ГУ двох видів: *електричної частини* та *механічної частини*. До несправностей електричної частини відносять втрату номінальної провідності (обрив, втрату якості контакту через окислення, забруднення, механічне пошкодження окремих елементів); коротке замикання (міжвиткове в обмотках, замикання на масу); втрата електротехнічних характеристик електричних та електронних компонентів.

Хід роботи

1. Перед виконанням робіт пройти інструктаж з ТБ, надіти засоби індивідуального захисту: (спецхалат та ін.).

2. Провести зовнішній огляд ГУ (знятої з автомобіля) на виявлення механічних пошкоджень, ознак короткого замикання; очистити ГУ від бруду та пилу; продувають у середині стислим повітрям, перевіряють стан кришок, а також затягування шпильок, або гвинтів їх кріплення, затягування гайки кріплення шківів, осьовий люфт валу ротора, стан ізоляції клем, чистоту контактних кілець, ступінь зносу щіток, зусилля натиснення пружин на щітки. Переконаються в легкості обертання ротора і переміщення щіток в щіткотримачі. За наявності дефектів визначити потребу в ремонті, а при задовільному технічному стані перейти до визначення стану електричної частини.

3. Ознайомитися з технічними характеристиками досліджуваної ГУ та конструкційними особливостями виконання окремих її елементів. Вивчити електричну схему ГУ, визначити штекерні виходи ГУ за схемою та маркуванням на кришці Г.

4. Зняти щітковий вузол та РН; розібрати вузол, перевірити стан та висоту щіток, зачистити контактні з'єднання.

5. Перевірити мультиметром, в режимі омметра, електричний опір обмотки збудження (ротора) порівняти значення з технічними даними. Зібрати щітковий вузол.

6. Досліджуваний генератор на стенді Э-211 (рис. 2.8) закріплюють в затискачі 18, з'єднавши його вал з муфтою приводу стенду перехідною зірочкою, що є в комплекті приладдя стенду.

7. Перед будь-яким видом перевірки ручки керування потрібно поставити в положення: вимикач 21 стенда — «Викл.», вимикач 16 двигуна — «Викл.», ручки 4 і 22 реостатів — у крайнє ліве, перемикач омметра-тахометра 7 — «Викл.», ручку 3 перемикача батарей — «0», ручку 20 «Оберти» — у середнє.

8. Під'єднати досліджуваний генератор на стенді (клеми генератора з клемми панелі 17 стенду, **попередньо узгодити електричні схеми стенда та досліджуваного генератора!** (рисунок 2.6,2.7)).

9. Щоб робота регулятора напруги не вплинула на результат перевірки генератора, регулятор слід налаштувати, замінити на звичайний щітковий вузол чи випробувати за напруги та частоти обертання вказаній в технічній документації на ГУ.

10. Встановити рукоятку 3 перемикача батареї в положення «12» або «24» залежно від номінальної напруги генератора, що перевіряється. Рукоятку 7 перемикача омметра-тахометра встановлюють в положення «Об/мин x 100». Рукоятку 11 перемикача роду перевірок встановлюють в положення «Ген».

11. Для схеми підключення (рисунок 2.6) випробування обмотки збудження проводити за наступним алгоритмом: рукоятку 22 реостата навантаження повернути проти годинникової стрілки повністю. Вимикачем 21 увімкнути стенд і спостерігати за показами амперметра 5, змінюючи силу струму в колі збудження генератора, що поступає від акумуляторних батареї стенду. За величиною сили струму здійснити оцінку стану обмотки збудження.

12. Перевірка генератора без навантаження на стенді.

Вмикають електродвигун стенду, для чого рукоятку 16 встановлюють в положення «Вкл.». Плавним обертанням рукоятки 20 у напрямі робочого обертання ротора генератора, що перевіряється, збільшують частоту обертання до тих пір, поки напруга генератора не досягне 14 В (12,5-13,5В) або 28 В (25-26В) (залежно від наявності РН та номінальної напруги генератора, що перевіряється). Напруга контролюється вольтметром 3. У цей момент визначають частоту обертання ротора за тахометром 9 і порівнюють її з даними, технічних характеристик на Г. Якщо частота обертання ротора генератора, що перевіряється, при якому досягається номінальна напруга, не перевищує нормативного значення, генератор випробовують під навантаженням, інакше є необхідність визначення причин (перевірка, ремонт).

13. Перевірка генератора під навантаженням на стенді. Визначення характеристик ГУ

При працюючому електродвигуні стенду плавно повертати рукоятку 22 реостату навантаження за годинниковою стрілкою і спостерігати за **показами** амперметра 12. Номінальна **напруга** підтримується збільшенням частоти обертання ротора генератора рукояткою 20. Як тільки сила струму навантаження досягне величини, передбаченої технічними умовами для генератора, що перевіряється, визначити частоту обертання за показами тахометра 9.

Генератор вважається справним, якщо частота обертання ротора при номінальній силі струму і номінальній напрузі не перевищує нормативного величини технічних характеристик.

Керуючися вищенаведеними рекомендаціями, що до регулювання параметрів побудувати:

13.1 Струмошвидкісну характеристику Γ (рисунок 2.3) – залежність струму навантаження генератора I_H від частоти обертання його ротора $I_H=f(n_p)$ при $U_\Gamma=\text{const}$ за характерними точками (не менше трьох, рекомендовано п'ять характерних точок).

13.2 Зовнішню характеристику (рисунок 2.4) – залежність напруги генератора U_Γ від струму навантаження $U_\Gamma=f(I_H)$ при постійній частоті обертання $n=\text{const}$ і визначеному значенні струму збудження I_3 (за можливості контролю I_3 за амперметром I_3 відповідно до схемного рішення підключення до стенду).

Для зручності побудови дані вимірювань звести в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – До побудови характеристик генератора.

Струмошвидкісна характеристика			Зовнішня характеристика	
$U_\Gamma = \text{const} = \dots\dots\dots\text{В}$			$n_p = \text{const} \leq n_{p_{\text{увім.регул.}}}, \dots\dots\dots\text{об/хв.}$	
$I_3 = \text{const}, \dots, \text{А}$			$I_H = 0,5 \dots I_{H_{\text{середн.Нmax}}}$	
$\downarrow_{P_{\text{min}}(U_\Gamma, I_0)}$	$n_{p_i} = n_{p_{\text{середн.}}}$	$\downarrow_{P_{\text{max}}(I_H)}$	$I_{H_{\text{max}}}$	$\dots\dots\dots, \text{А} \dots\dots\dots \text{А}$
$\dots\dots\dots,$	$\dots\dots\dots, \dots\dots\dots, \dots\dots\dots,$	$\dots\dots\dots,$	$\dots\dots\dots,$	$\dots\dots\dots,$
об/хв.	об/хв.	об/хв.	об/хв.	об/хв.
$I_H, \text{А}$			$U_\Gamma, \text{В}$	

14. За результатами осцилограм напруги з виходів «В+» та «D+» оцінити стан ГУ та визначити несправність її електричної частини.

15. Перевірити справність регуляторів перевіряють, вмикаючи їх до джерела живлення за відповідною схемою (наприклад рисунок 2.13). Як навантаження кола збудження використовувати лампу, потужністю 30 Вт. Для цього регулятор, розрахований на робочу напругу 14 В, увімкнути спочатку на напругу (12 В), а потім (16 В, а для регуляторів, розрахованих на 28 В – спочатку (24 В), а потім (32 В)). Якщо регулятор напруги справний, то у першому випадку вмикання лампа має горіти, а в другому – не горіти. Якщо лампа горить, або не горить, в обох випадках вмикання, то регулятор несправний.

За результатами перевірки ГУ визначити придатність її до експлуатації та потребу в ремонті чи обслуговуванні, сформулювати висновки.

16. У разі потреби ремонту ГУ розібрати виявити несправності механічної та електричної частини, після ремонту та заміни окремих деталей ГУ зібрати, зробити обкатку та остаточну перевірку на стенді. Використовувати в роботі прилади стенда, мультиметр, осцилограф, інструмент електромеханіка.

Лабораторне заняття №3

Тема. Дослідження механічних та електромеханічних характеристик стартера

Мета: Дослідити механічні (момент, частота обертання, потужність на валу) і електромеханічні (струм, напруга, електрична потужність, ККД) характеристики стартера. Навчитись оцінювати технічний стан стартера і робити рекомендації щодо його обслуговуванню.

Теоретичні відомості

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

Стартер призначений для обертання колінчастого вала 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. Основним параметром цієї передачі є передаточне число:

$$I = Z_M / Z_C$$

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

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

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.

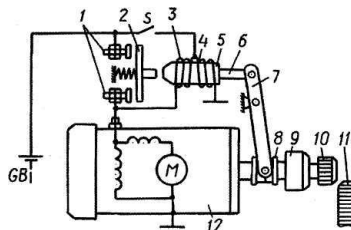


Рисунок 3.1. Схема керування електростартером: 1 – силові контакти; 2 – рухомий контактний диск; 3, 4 – втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле відповідно; 5 – якор тягового реле; 6 – шток; 7 – важіль приводу; 8 – повідкова муфта; 9 – муфта вільного ходу; 10 – шестірня приводу; 11 – зубчастий 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 якор, і він може зруйнуватися (розлетіться). 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. 3.1. 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 якоря 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. У кінці ходу якоря 5 тягового реле контактний диск 2 замикає силові контакти 1, і акумуляторна батарея з'єднується зі стартерним електродвигуном.

Щоб запобігти рознесенню 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 якор реле у вихідне положення, розмикає силові контакти і виводить шестірню 10 із зачеплення з вінцем маховика.

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. 2.2, а).

Особливістю цього електродвигуна є те, що струм збудження I_3 не залежить від струму якоря $I_я$, тобто від навантаження на валу.

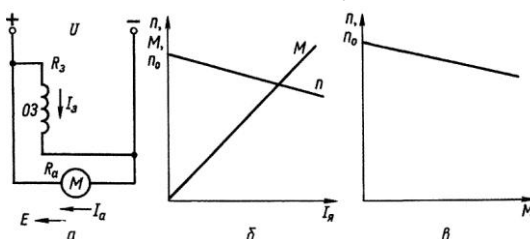


Рисунок 3.2 – Схема електродвигуна з паралельним збудженням (а) і його електромеханічна (б) та механічна (в) характеристики

Електромеханічна характеристика електродвигунів із паралельним збудженням наведена на рис. 3.2, б, а механічна характеристика – на рис. 3.2, в., вони мають лінійний характер. Величина n_0 називається частотою обертання ідеального холостого ходу, при $M = 0$.

Якщо обмотка якоря електродвигуна і обмотка збудження підімкнуті 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_3 не залежить від струму якоря $I_я$.

В електродвигунах із послідовним збудженням обмотка збудження вмикається послідовно з обмоткою якоря, а тому $I_я = I_3$ (рис. 3.3, а).

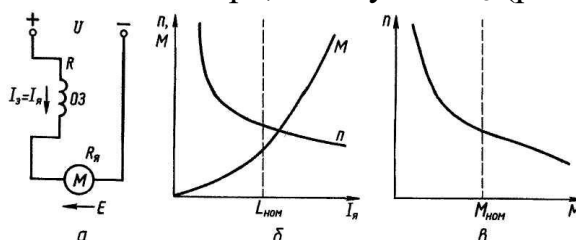


Рисунок 3.3 – Схема електродвигуна з послідовним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічна (в) характеристики

Залежність $n=f(I_я)$ має форму гіперболи, а залежність $M=f(I_я)$ – параболи (рис. 3.3, б). Механічна характеристика $n=f(M)$ побудована (рис. 3.3, в).

Із рис. 3.3, 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 $P_{ел} = I_я U_я$ та струм $I_я$ 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. 3.4) – паралельної ОЗ та послідовної ОЗ₂. Тому його механічна характеристика (рис. 3.4, 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.

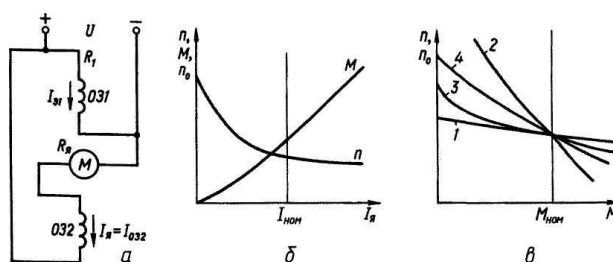


Рисунок 3.4 – Схема електродвигуна: із змішаним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічні (в) характеристики

Таким чином, у стартерах 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 стартерах.

Хід роботи

1. Перед виконанням робіт пройти інструктаж з ТБ, надіти засоби індивідуального захисту: (спецхалат та ін.).

2. Провести зовнішній огляд Ст (знятого з автомобіля) на виявлення механічних пошкоджень, ознак обгорання, короткого замикання; очистити Ст від бруду та пилу; продувають стислим повітрям, перевіряють стан втулок, шестірні, корпусних елементів а також затягування гвинтів або шпильок; роботу муфти вільного ходу; осьовий люфт якоря, стан ізоляції клем. За наявності дефектів визначити потребу в розбиранні і ремонті.

3. За задовільного технічного стану чи після ремонту Ст потрібно відрегулювати (передбаченими видами регулювань) і перейти до визначення стану електричної частини.

4. Ознайомитися з технічними характеристиками досліджуваного Ст та конструкційними особливостями виконання окремих його елементів. Вивчити електричну схему Ст, визначити контактні виходи за схемою та маркуванням.

5. Перевірити стан та за необхідності зачистити контактні з'єднання. Перевірити мультиметром, в режимі омметра, електричний опір обмоток порівняти значення з технічними даними. Перевірити на замикання на масу.

Для зручності дані вимірювань зводять в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Результати випробувань стартера.

Маркування стартера								
Застосування на автомобілі								
<i>Нормативні значення</i>								
$P_{ном,кВт}$	$U_{ном,В}$	$n_{ном,Хв}^{-1}$	Режим холостого ходу			Режим повного гальмування		
			$I_{хх,А}$	$U_{хх,В}$	$n_{хх,Хв}^{-1}$	$I_{хх,А}$	$U_{хх,В}$	$n_{хх,Хв}^{-1}$
<i>Дослідні значення</i>								
Режим холостого ходу				Режим повного гальмування				
$P_{хх}=I_{хх}U_{хх,кВт}$	$I_{хх,А}$	$U_{хх,В}$	$n_{хх,Хв}^{-1}$	$P_{пг}=I_{пг}U_{пг,кВт}$	$I_{пг,А}$	$U_{пг,В}$	$n_{пг,Хв}^{-1}$	

11. За результатами перевірки Ст визначити придатність його до експлуатації та потребу в ремонті чи обслуговуванні, сформулювати висновки.

12. Уразі потреби ремонту Ст розібрати виявити несправності механічної та електричної частини, після ремонту та заміни окремих деталей Ст зібрати, зробити обкатку та остаточну перевірку на стенді. Використовувати в роботі прилади стенда, мультиметр, інструмент електромеханіка.

Лабораторне заняття №4

Тема. Дослідження електронної системи запалювання

Мета. Вивчити принцип роботи електронної системи запалювання автомобільного двигуна. Ознайомитися з конструкцією та параметрами електронного комутатора й котушки запалювання. Дослідити форму сигналів у первинному та вторинному колах. Розрахувати енергію іскри в момент запалювання.

Основні теоретичні положення

Система запалювання на автомобілі призначена для трансформації струму низької напруги в струм високої напруги і своєчасного розподілу його між іскровими свічками запалювання циліндрів двигуна.

Стиснута робоча суміш у камерах згорання циліндрів двигуна запалюється від іскрового розряду між електродами свічки запалювання. Напруга при розряді повинна досягати 18...20 кВ. Для повного згорання робочої суміші необхідно декількох тисячних секунди. Тому суміш треба запалювати до приходу поршня до в.м.т., тобто з деяким випередженням.

Дослідження параметрів системи запалювання автомобіля можливе при наявності спеціального обладнання - осцилографа або мотор-тестера. Тобто потрібний пристрій, здатний відображати осцилограму (рисунок 4.32) високої напруги системи запалювання, яка у реальному часі відображає параметри системи запалювання, такі як пробивна напруга, час і напруга горіння іскри.

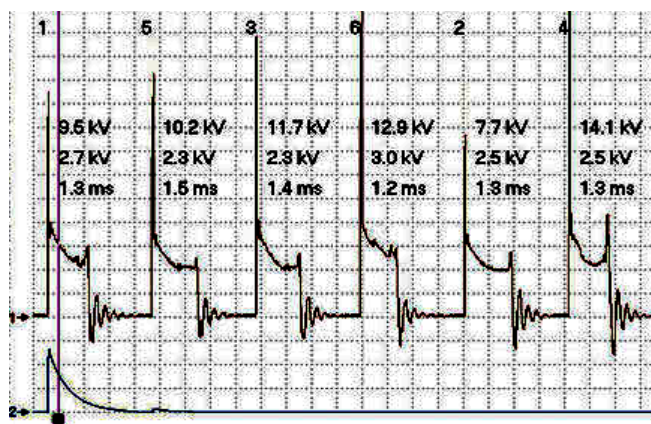


Рисунок 4.32 – Осцилограма високої напруги системи запалювання

Протягом тривалого часу, переважно, до 80-х років, на автомобілях встановлювалася класична контактнo-батарейна система запалювання. Вона складається (рисунок 4.33) з джерел струму низької напруги – акумуляторної батареї 21 і генератора, котушки 12 запалювання, переривника 5, вмикача 8 запалювання, розподільника 16 струму високої напруги, іскрових свічок запалювання 19 і з'єднувальних проводів низької і високої напруги.

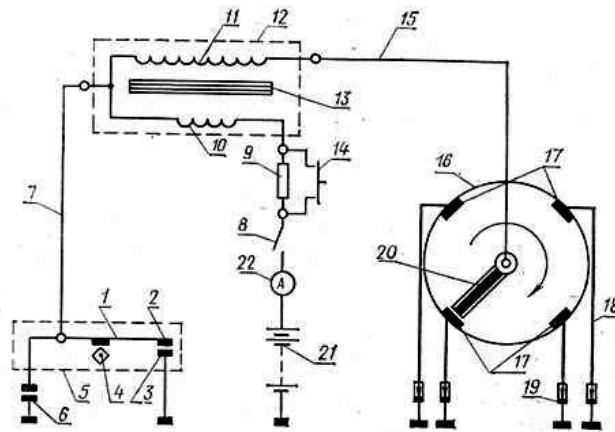


Рисунок 4.33 - Схема контактно-батарейної системи запалювання:

1 – важіль переривника; 2 – рухомий контакт переривника; 3 – нерухомий контакт; 4 – кулачок; 5 – переривник; 6 – конденсатор; 7, 15 і 18 – провoda; 4 – вмикач запалювання; 9 – додатковий опір (резистор); 10 – первинна обмотка; 11 – вторинна обмотка; 12 – котушка запалювання; 13 – осердя котушки; 14 – вмикач; 16 – розподільник; 17 – електроди; 19 – свічка запалювання; 20 – ротор з струморозношувальною пластиною (електродом); 21 – акумуляторна батарея; 22 – амперметр.

Батарейне запалювання має однопровідну систему з'єднання джерел струму зі споживачами. Другим проводом служать з'єднані між собою корпусні металеві деталі (маса) двигуна. Мінусові клеми акумуляторної батареї, генератора і всіх споживачів електричної енергії з'єднані з масою, а позитивні ізольовані від неї.

Коли обертовий кулачок 4 відведе важіль 1 переривника 5, контакти 2 і 3 розімкнуться, струм низької напруги в первинній обмотці 10 котушки 12 запалювання перерветься і магнітний потік навколо неї зникне. Зникаючий магнітний потік перетне витки первинної 10 і вторинної 11 обмоток котушки 12 запалювання. Внаслідок цього в первинній обмотці індукується ЕРС самоіндукції порядку 200...300 В, а у вторинній обмотці, що має значно більше число витків, – 18...20 кВ. Напруга у вторинній обмотці достатня, щоб між електродами свічі 19 створити надійний іскровий розряд, що запалює робочу суміш.

Ланцюг струму високої напруги: вторинна обмотка 11 котушки 12 запалювання – провід 15 високої напруги – вугільний електрод ротора 20 – один з електродів 17 кришки розподільника 16 – провід 18 – центральний електрод свічі – бічний електрод свічі – маса – (-) клема акумуляторної батареї 21 – (+) клема акумуляторної батареї – амперметр 22 – вмикач 8 запалювання – резистор 9 – первинна обмотка 10 – вторинна обмотка 11 котушки 12 запалювання.

Потім знову відбувається замикання контактів переривника, тому що кулачок 4 зійде з виступу важеля 1 переривника.

ЕРС самоіндукції сповільнює процес зникнення струму в первинній обмотці і приводить до іскріння між контактами 2 і 3 переривника, їхньому окислюванню і руйнуванню. Для зменшення впливу ЕРС самоіндукції паралельно контактам

переривника увімкнений конденсатор б, що у період розмикання контактів заряджається струмом самоіндукції, а потім, розряджаючи в зворотному напрямку, прискорює зникнення струму в ланцюзі низької напруги, а отже, і магнітного потоку, тому збільшується ЕРС вторинного ланцюга і контакти 2 і 3 переривника охороняються від обгорання.

Осцилограми імпульсів високої напруги класичної системи з механічним контактним переривником та низької напруги в первинному колі приведені на рисунках 4.34, 4.35 відповідно

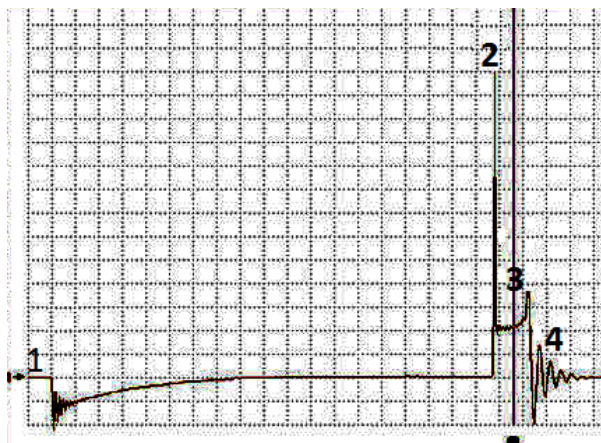


Рисунок 4.34 - Осцилограма імпульсу високої напруги класичної системи запалювання з механічним контактним переривником:

1 – початок накопичення енергії в магнітному полі котушки запалювання (момент замикання контактів переривника); 2 – пробій іскрового проміжку між електродами свічки запалювання і початок горіння іскри (момент розмикання контактів переривника); 3 – ділянка горіння іскри; 4 – кінець горіння іскри і початок затухаючих коливань.

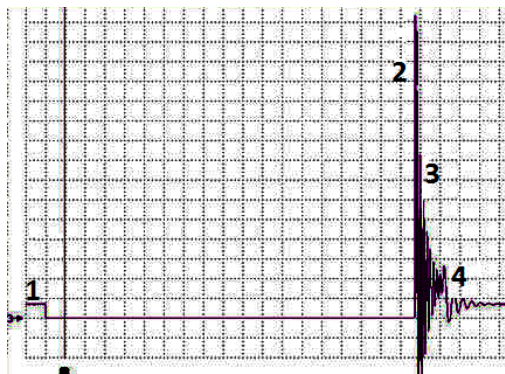


Рисунок 4.35 – Осцилограма низької напруги в первинному ланцюзі класичної системи запалювання з механічним контактним переривником:

1 - момент замикання контактів переривника (початок накопичення енергії в магнітному полі котушки запалювання); 2 - момент розмикання контактів переривника (пробій іскрового проміжку між електродами свічки запалювання і початок горіння іскри); 3 - ділянка горіння іскри; 4 - кінець горіння іскри і початок затухаючих коливань.

З метою підвищення надійності роботи системи запалювання застосовують контактно-транзисторну систему запалювання (рисунок 4.36). Принципова відмінність цієї системи запалювання від батарейного запалювання полягає в тому, що між переривником 1 і первинною обмоткою 3 котушки запалювання встановлені транзистор 2, що працює як підсилювач струму. При включеному запалюванні і замкнутих контактах переривника 1 база *Б* транзистора 2 з'єднана з масою і струм керування транзистором протікає по ланцюзі: клемма (+) акумуляторної батареї – вмикач запалювання 6 – первинна обмотка 3 котушки запалювання – емітер *Е* транзистора 2 – база *Б* транзистора 2 – контакти переривника 1 – маса – клемма (-) акумуляторної батареї 7. Струм у цьому ланцюзі невеликий (0,3...0,8 А). Транзистор 2 «відкривається», і основний струм низької напруги, минаючи контакти переривника 1, протікає по ланцюзі: клемма (+) акумуляторної батареї 7 – вмикач запалювання 6 – первинна обмотка 3 котушки запалювання – емітер *Е* транзистора 2 – колектор *К* транзистора 2 – маса – клемма (-) акумуляторної батареї 7.

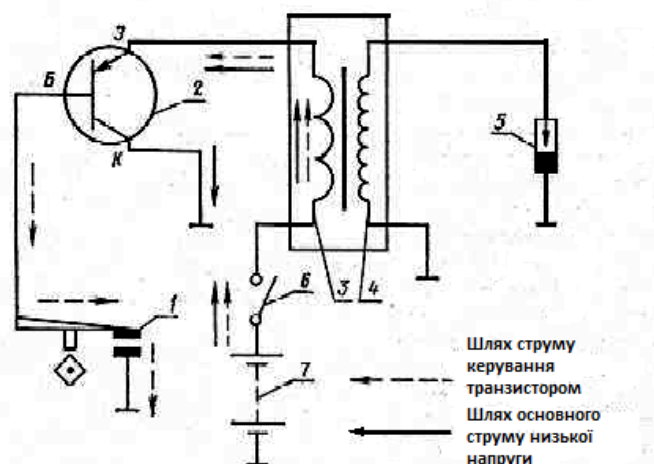


Рисунок 4.36 Електрична схема контактно-транзисторної системи запалювання:

1 – переривник; 2 – транзистор; 3 – первинна обмотка котушки запалювання; 4 – вторинна обмотка котушки запалювання; 5 – свічка запалювання; 6 – вмикач

запалювання; 7 – акумуляторна батарея; B – база транзистора; K – колектор транзистора; E – емітер транзистора.

Опір переходу емітер – колектор малий, тому при відкритому транзисторі струм, що протікає в первинній обмотці 3, котушки двигуна досягає 3 А.

При розмиканні контактів переривника 1 у ланцюзі керування транзистором 2 струм зникає і транзистор переходить у режим «закритий». Коло струм низької напруги переривається, і у вторинній обмотці 4 котушки запалювання індукується е. р. с. високої напруги.

Основний елемент, який понижує надійність контактної-батарейної і контактної-транзисторної систем запалювання – механічний перерив. Тому для підвищення надійності систем застосовують запалювання з безконтактним керуванням. У таких системах спеціальні давачі генерують імпульси в чітко задані моменти часу, які через формуючий і вихідний каскади керують струмом у первинній обмотці котушки запалювання. Отримані при цьому імпульси високої напруги подаються в необхідній послідовності звичайним розподільником до свічок запалювання (рисунок 4.37).

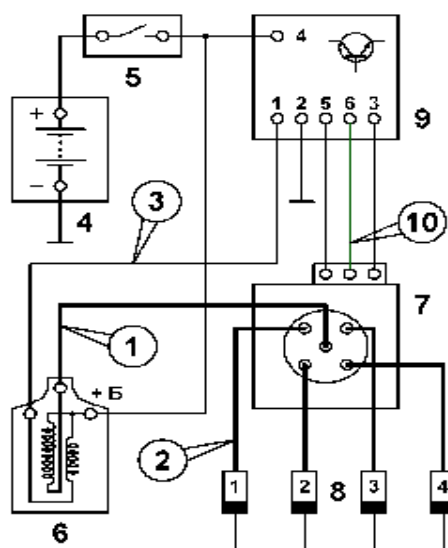


Рисунок 4.37 - Електронна система запалювання з механічним розподілом високої напруги по циліндрах:

1 – точка знімання сигналу за допомогою ємнісного датчика; 2 – точка знімання синхронізуючого сигналу за допомогою давача першого циліндра; 3 – точка під'єднання щупа до первинного ланцюга; 4 – акумуляторна батарея; 5 – вимикач запалювання; 6 – котушка запалювання; 7 – розподільник запалювання з давачем Хола; 8 – свічки запалювання; 9 – комутатор; 10 – точка під'єднання щупа до сигнального дроту давача Хола.

Осцилограма імпульсу високої напруги системи електронного запалювання приведена на рисунку 4.38.

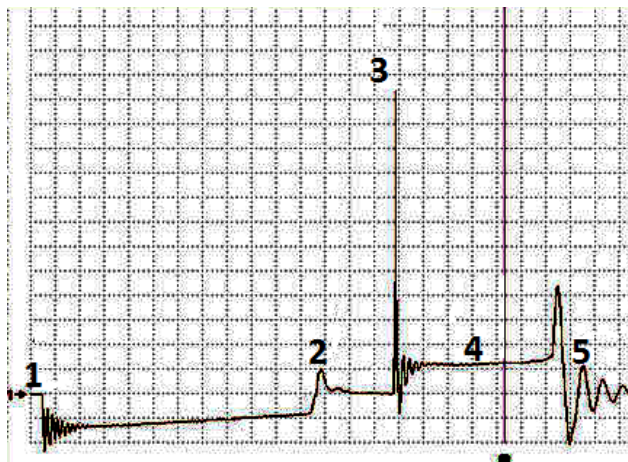


Рисунок 4.38 – Осцилограма імпульсу високої напруги електронного запалювання:

1 – початок накопичення енергії в магнітному полі котушки запалювання (момент відкриття силового транзистора комутатора); 2 – момент переходу комутатора в режим обмеження струму в первинному ланцюзі (після досягнення струму в первинній обмотці котушки запалювання рівного близько 8 А, комутатор переходить в режим обмеження струму на цьому рівні); 3 – пробій іскрової проміжки між електродами свічки запалювання і початок горіння іскри (момент закриття силового транзистора комутатора); 4 – ділянка горіння іскри; 5 – кінець горіння іскри і початок затухаючих коливань

Подальше удосконалення системи запалювання базується на використанні механізму механічного розподілу високої напруги по циліндрах. В DIS системі запалювання (Double Ignition System) (рисунок 4.39) використовуються котушки запалювання з двома високовольтними виводами. В більшості випадків DIS котушки об'єднані в один блок. Передачу високої напруги від котушок до свічок запалювання забезпечують високовольтні провідники.

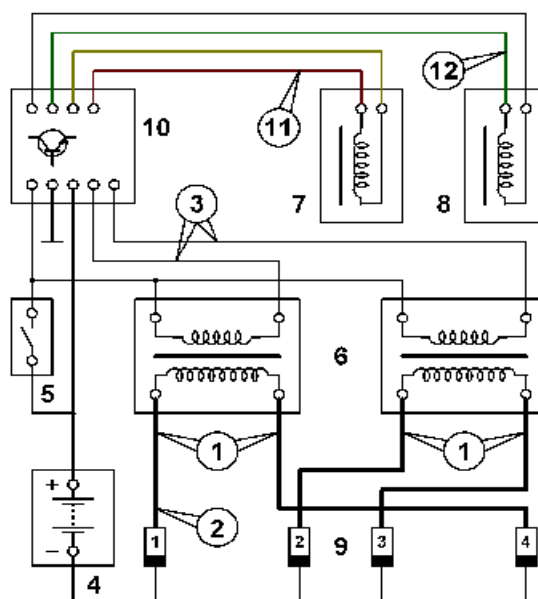


Рисунок 4.39 - Електронна DIS система запалювання:

1 – точки знімання сигналу за допомогою ємнісних DIS давачів; 2 – точка знімання синхронізуючого сигналу за допомогою давача першого циліндра; 3 – точки під'єднання щупів до первинних ланцюгів котушок запалювання; 4 – акумуляторна батарея; 5 – вимикач запалювання; 6 – DIS котушки запалювання; 7 – давач частоти обертання колінчастого валу індукційного типу; 8 – давач положення розподільного валу індукційного типу; 9 – свічки запалювання; 10 – блок керування двигуном; 11 – точка під'єднання щупа до сигнального дроту давача частоти обертання колінчастого валу; 12 – точка під'єднання щупа до сигнального дроту давача положення розподільного валу.

У DIS системі запалення іскроутворення відбувається одночасно в двох циліндрах. Кожна DIS котушка обслуговує по два циліндри, працюючі з взаємним спізненням фаз газорозподілу на 360° по положенню колінчастого валу. У одному з циліндрів такої пари, іскроутворення відбувається в кінці такту стиснення (робоча іскра), а в іншому – в кінці такту випуску відпрацьованих газів (холоста іскра).

Осцилограма імпульсу високої напруги DIS системи запалювання приведена на рисунку 4.40

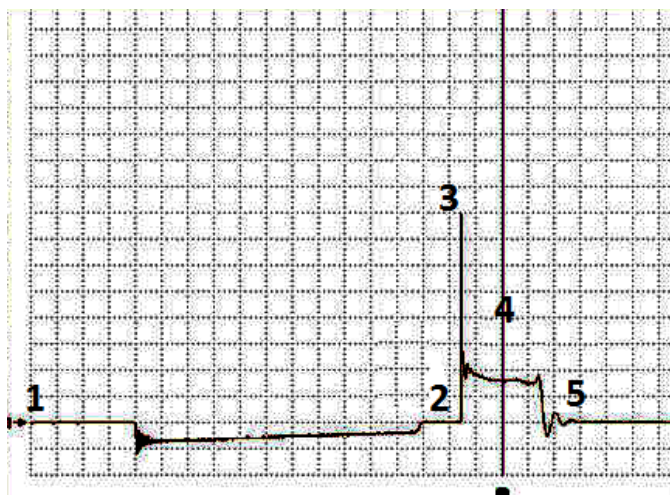


Рисунок 4.40 – Осцилограма імпульсу високої напруги DIS системи запалювання:

1 – початок накопичення енергії в магнітному полі котушки запалювання (момент відкриття силового транзистора комутатора); 2 – момент переходу комутатора в режим обмеження струму в первинному ланцюзі (після досягнення струму в первинній обмотці котушки запалювання рівного близько 8А, комутатор переходить в режим обмеження струму на цьому рівні); 3 – пробій іскрового проміжку між електродами свічки запалювання і початок горіння іскри (момент закриття силового транзистора комутатора); 4 – ділянка горіння іскри; 5 – кінець горіння іскри і початок затухаючих коливань.

Струм високої напруги до свічок запалювання такої пари циліндрів підводиться від двох протилежних виводів вторинної обмотки однієї і тієї ж котушки запалювання, внаслідок чого полярність імпульсів високої напруги на свічках запалювання цих циліндрів протилежна. Модуль DIS котушок

запалювання може складатися з двох або трьох DIS котушок. У модуль можуть бути вбудовані силові каскади управління первинними обмотками котушок запалювання, через що знімання осцилограм напруги на первинних обмотках котушок неможливе.

Опис схеми дослідження системи запалювання

Дослідження проводиться на стенді, який обладнаний приводним валіком двигуна постійного струму, та дає можливість обертати валік розподільвача (рисунок 4.41). За допомогою іскрового розрядника P вимірюється висока напруга U_2 на вторинній обмотці W_2 котушки запалювання. Вимірювання U_2 здійснюється по максимальному повітряному проміжку α розрядника P , при якому іскра залишається стабільною. Для вимірювання струму в первинній обмотці W_1 котушки запалювання використовується амперметр A . Для спостереження за напругами на обмотках котушки запалювання використовується осцилограф, який підключають до високовольтних кіл через подільник напруги.

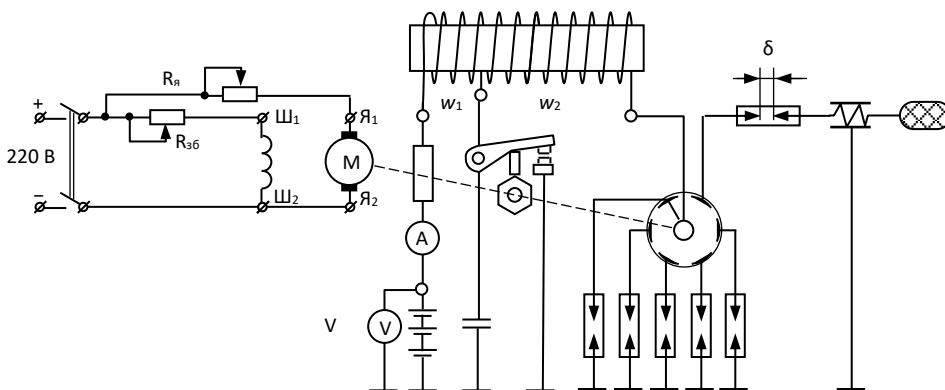


Рисунок 4.41 - Схема дослідження системи запалювання

Зміст роботи

1 Записати тип досліджуваних переривача-розподільника, котушки запалювання.

2 Дослідити залежність вторинної напруги і струму в первинному колі котушки запалювання від частоти обертання валіка розподільника $U_2 = f(n)$, $I_1 = f(n)$ в діапазоні n від 200 до 2500 хв^{-1} . Дослідження провести для двох значень шунтуючого опору іскрового розрядника: $R_{\text{ш}} \rightarrow \infty$ і $R_{\text{ш}} = 0,5 \text{ мОм}$.

3 За результатами досліджень побудувати графіки $U_2 = f(n)$ і $I_1 = f(n)$ для двох значень шунтуючого опору.

4 Визначити коефіцієнт запасу по вторинній напрузі в режимі пуску двигуна при частоті обертання колінчастого валу (валіка розподільника) 200 хв^{-1} і в режимі розгону автомобіля при частотах обертання колінчастого валу (валіка розподільника) 1000, 2000, 3000 хв^{-1}

$$K_3 = U_2 / U_{\text{п}},$$

де U_2 – вторинна напруга досліджуваної котушки запалювання у відповідному режимі, кВ. Визначається із графіка залежності $U_2 = f(n)$, побудованому згідно пункту 3 для двох значень шунтуючого опору; $U_{\text{п}}$ - пробивна напруга свічки запалювання у відповідному режимі, кВ. (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12 – Значення пробивних напруг свічки запалювання в режимі пуску і розгону автомобіля при нормальному проміжку між електродами свічки

Число циліндрів двигуна	Значення пробивної напруги, кВ			
	Режим пуску при $n_{\text{д}}$, хв^{-1}	Режим розгону при $n_{\text{д}}$, хв^{-1}		
		200	1000	2000
4				
6				
8				

Результати розрахунків записати в таблицю 4.13.

Таблиця 4.13 – Параметри для оцінки характеристики системи запалювання

Режим	Параметри		
	$n_{\text{д}}$, хв^{-1}	U_2 , кВ при $R_{\text{ш}}$, мОм	
		∞	0.5
Пуск	200		
	1000		
Розгін	2000		
	300		

5 Зняти осцилограми напруг на первинній і вторинній обмотках котушки запалювання.

6 Зробити висновки з проведеної роботи.

Лабораторне заняття № 5

Тема. Дослідження автомобільних систем освітлення

Мета. Вивчити принципи роботи систем зовнішнього та внутрішнього освітлення автомобіля. Ознайомитися з конструкцією і характеристиками різних типів ламп (розжарювання, галогенних, ксенонових, світлодіодних). Дослідити вплив конструкції фари (відбивач, поліеліпсоїдна система) на розподіл світлового потоку. Ознайомитися з системами корекції та регулювання променя фар.

Аналіз автомобільних джерел світла

Для безпеки дорожнього руху зорове сприйняття відіграє надзвичайно важливу роль. Однак за певних умов, таких як сутінки, несприятливі погодні явища, забруднене скло тощо, на нього чиниться негативний вплив, що, своєю чергою, підвищує ймовірність виникнення нещасних випадків. Постійно зростаюча інтенсивність дорожнього руху створює додатковий потенціал небезпеки. Для того щоб відповідати таким умовам дорожнього руху, постійно ведеться робота з модернізації існуючих та розробки нових світлотехнічних пристроїв.

Світлотехнічне обладнання в автомобілях стає дедалі складнішим. За освітлення в автомобілі вже давно відповідає не лише генератор. З'являється все більше систем, які здійснюють комунікацію між собою через бортову мережу. Освітлення стає все більш електронним, і внаслідок цього зростають вимоги до станцій технічного обслуговування.

Джерелами світла є теплові випромінювачі, які за допомогою теплової енергії створюють світло. Це означає, що чим сильніше нагріте джерело світла, тим вища сила світлового випромінювання.

Однак низький коефіцієнт корисної дії (8 % світлового випромінювання) порівняно з газорозрядними лампами (28 % світлового випромінювання) забезпечує лише відносно невисоку світлову віддачу. Останнім часом як джерела світла для передніх фар автомобілів почали використовувати світлодіоди.

Лампи розжарювання (вакуумні лампи) належать до теплових випромінювачів, оскільки під час подачі електричної енергії спіраль із вольфраму розжарюється (рис. 1.1). Як уже згадувалося, світлова потужність стандартної лампи є невеликою. До цього можна додати, що частинки вольфраму, які випаровуються та осідають на стінках колби, спричиняючи її характерне потемніння, знижують усі світлотехнічні параметри та скорочують термін служби лампи [1].



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд автомобільної лампи розжарювання

Вирішенням цієї проблеми є використання галогенних ламп (рис. 1.2). Додавання незначної кількості атомів галогену, наприклад йоду, дозволяє зменшити потемніння колби лампи. Завдяки так званому «круговому процесу» галогенні лампи при однаковому терміні служби працюють за більш високих температур, що робить їх більш ефективними.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд автомобільної галогенної лампи

Негативними факторами впливу є:

- механічне навантаження внаслідок ударів і вібрації;
- високі температури;
- процес увімкнення;
- стрибки напруги та підвищена напруга в бортовій мережі;
- висока яскравість світла через виняткову щільність спіралі.

Позитивні фактори впливу є:

- тиск наповнення;
- заповнюючий газ.

Термін служби та світлова віддача значною мірою залежать від напруги живлення. При цьому діє емпіричне правило: при підвищенні напруги живлення лампи на 5 % світловий потік збільшується на 20 %, але водночас термін служби скорочується вдвічі.

Існує два різні типи галогенних ламп. Лампи H1, H3, H7, H9, H11, HB3

мають лише одну спіраль розжарювання. Вони використовуються для ближнього та дальнього світла фар [1].

Лампа Н4 має дві спіралі розжарювання: одну для ближнього світла, іншу – для дальнього.

Спіраль розжарювання для ближнього світла оснащена екраном, завданням якого є блокування осліплюючої частини світла та формування світлотіньової межі.

Лампи Н1+30/50/90 і Н4+30/50/90 є модернізованими варіантами стандартних ламп розжарювання Н1 або Н4 із захисним газом.

Переваги/відмінності від стандартних ламп:

- тонша спіраль розжарювання;
- можливість роботи за вищих температур;
- вища яскравість світла: до 30/50/90 % більше між 50 і 100 метрами перед автомобілем; довжина освітлення дорожнього полотна збільшується до 20 метрів;

– підвищена безпека руху вночі та за несприятливих погодних умов.

Лампи Н7 у порівнянні з Н1 забезпечують вищу яскравість, нижче енергоспоживання, краща якість світла. Існують також їхні модернізовані версії Н7+30/50/90.

В покажчиках повороту досі використовувалися лампи зі скляними колбами з жовтим покриттям. Для водіїв, орієнтованих на дизайн, також доступні лампи покажчиків повороту Magic-Star. Коли вони не працюють, їх важко відрізнити від рефлектора сріблястого кольору. Лише при увімкненні вони випромінюють характерне жовте світло звичної яскравості.

Завдяки нанесенню на колбу лампи кількох інтерференційних шарів певні частини світлового спектра, які випромінює спіраль розжарювання, гасяться. Через ці шари проходить і стає видимою лише жовта частина спектра.

Газорозрядні лампи створюють світло на основі фізичного принципу електричного розряду [1] (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд автомобільної галогенної лампи (ксенон)

Під час подачі напруги запалювання (до 23 кВ у пускових пристроїв HELLA 3-го покоління) від пускового пристрою газ між електродами лампи (інертний газ ксенон, суміш металів і галогенідів металів) іонізується та збуджується до свічення за допомогою дуги.

Під час контрольованої подачі змінного струму (близько 400 Гц) рідкі й тверді речовини під дією високої температури випаровуються. Лампа досягає повної яскравості лише через кілька секунд, коли всі компоненти іонізуються. Щоб уникнути руйнування лампи через неконтрольоване зростання струму, його обмежує пусковий пристрій. Після досягнення повної світлової потужності для підтримання та збереження фізичного процесу необхідна лише робоча напруга (не напруга запалювання) 85 В.

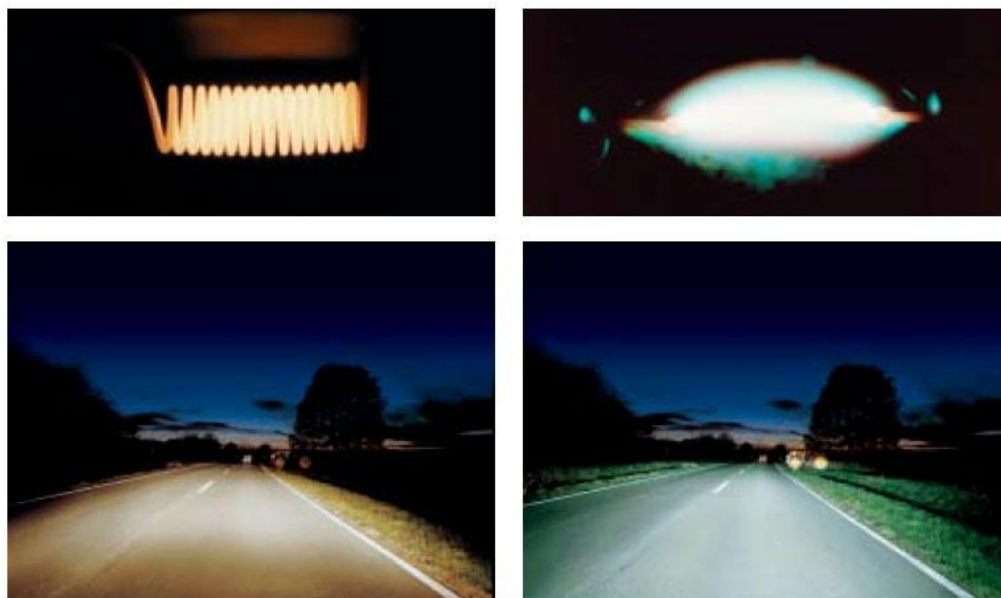
Світловий потік, світлова віддача, яскравість і термін служби газорозрядних ламп значно перевищують показники галогенних ламп розжарювання.

Згідно з моделлю розробки, газорозрядні лампи поділяються на категорії: D1, D2, D3 та D4. При цьому «D» означає «Discharge», англійське слово, що означає «розряд». Частково покоління ламп значно відрізняються між собою.

Так, лампи D1 – перші ксенонові внутрішні колби – мають вбудований блок запалювання. Лампи D2 складаються лише з внутрішньої колби з цоколем і, на відміну від інших моделей автомобільних газорозрядних ламп, не мають зовнішніх захисних скляних колб навколо газорозрядної трубки.

Усі модифікації мають захисну колбу від УФ-випромінювання та значно більш надійну конструкцію. Часто застарілу лампу D1 плутають з сучасною лампою D1-S/R з інтегрованим модулем запалювання.

Сьогодні кращу екологічність без використання ртуті забезпечують модернізовані лампи D1 та D2, а також лампи D3 або D4. Через різницю в електричних параметрах (робоча напруга 42 В замість 85 В при однаковій потужності) лампи D3 або D4 не можуть експлуатуватися з блоками управління ламп D1 або D2.



а)

б)

Рисунок 1.4 – Порівняння двох видів автомобільних ламп: а) галогенової лампи розжарювання (55 Вт), б) ксенової газорозрядної лампи (35 Вт)

Автомобільні лампи повинні бути стандартизовані відповідно до стандартів ЄЕК ECE-R37 або -R99. Це забезпечує можливість швидкої заміни ламп і запобігає їх переплутуванню [1].



Рисунок 1.5 – Маркування галогенових автомобільних ламп

На лампах повинні бути наступні маркування [2] (рис. 1.5):

- назва виробника;
- 6 або 6 В, 12 або 12 В, 24 або 24 В – позначає номінальну напругу згідно зі стандартом 37 ЄЕК;
- H1, H4, H7, P21 W – міжнародне позначення категорій стандартизованих ламп ЄЕК, наприклад, 55 W.
- E1 – вказує, в якій країні джерело світла було випробуване і допущене до експлуатації. 1 позначає Німеччину.

- DOT – позначає, що лампа також має допуск для американського ринку.
- U – позначає лампи зі зменшенням УФ-випромінювання згідно з ЄЕК. Ці лампи використовуються, наприклад, у фарах з пластиковим склом;
- знак, виданий дозвільним органом – офіційне затвердження, наприклад, E1 (Федеральна служба транспортного руху в м. Фленсбург), також стоїть на лампі і виглядає як 37 R (E1) + п'ятизначний номер або (E1) + тризначний номер (також буквено-цифровий знак);
- більшість ламп має зашифрований знак виробника, що дозволяє відстежити виробника.

Оскільки не всі лампи мають достатньо місця для розміщення маркувань, законодавством передбачено надання лише такої інформації: виробник, потужність, знак технічного контролю і знак офіційного затвердження.

Ксеноновим фарам для запалювання потрібна висока напруга, тому перед проведенням робіт на фарах обов'язково необхідно відключити штекер електроживлення пускового пристрою.

При встановленні нової лампи не допускається дотику до скляної колби, оскільки залишені відбитки пальців вигорять і залишають потемніння.

При розбитті ксенонової лампи в закритому приміщенні (майстерні) необхідно для запобігання шкоди здоров'ю від отруйних газів провітрити приміщення. Ксенонові лампи D3 і D4 більше не містять ртуть, тому вони є більш екологічними.

Стандартні лампи накалювання та галогенні лампи не містять шкідливих для навколишнього середовища речовин і можуть утилізуватися разом з побутовим сміттям. Ксенонові лампи є спеціальними відходами.

Якщо лампа несправна, а скляна колба ще не пошкоджена, її необхідно утилізувати як спеціальні відходи, оскільки суміш газу і металевих парів містить ртуть, що дуже небезпечно для здоров'я. Якщо скляна колба розбита, наприклад, при аварії, то ксенонову лампу можна утилізувати звичайним способом, оскільки ртуть уже випарувалася.

У ксенонових лампах D3 і D4 ртуть замінена на неотруйний йодид цинку. Ці лампи можна утилізувати разом з побутовими відходами. Щодо світлодіодів спеціальних порад не дається, оскільки вони, як правило, не підлягають заміні.

Аналіз автомобільних фар

Фари автомобіля мають першочергове завдання оптимально освітлювати дорожнє полотно, щоб забезпечити безпечний рух. Таким чином, фари, включаючи їх джерела світла, є важливими для безпеки деталями автомобіля, для застосування яких потрібний офіційний дозвіл і на яких не допускаються несанкціоновані маніпуляції. Вид і місце встановлення функцій освітлення на автомобілі, а також їх конструкція, джерела світла, кольори та світлотехнічні параметри регулюються законодавством.

Корпус (рис. 1.6):

- носій усіх компонентів фари (кабелі, рефлектор тощо);
- кріплення до кузова автомобіля;
- захист від зовнішніх впливів (волога, тепло тощо);
- в якості матеріалу використовуються термопластичні полімери.

Основне функціональне завдання рефлектора – це уловлювання якомога більшої частини випромінюваного лампою накаливання світлового потоку та його направлення на дорожнє полотно. Існують різні системи рефлекторів, щоб якомога ефективніше виконати це завдання [1].



Рисунок 1.6 – Складові деталі автомобільних фар

Раніше більшість рефлекторів виготовлялася з сталевого листа, але через сучасні вимоги до фар, такі як допуски виробництва, конструктивне виконання, якість поверхні, вага тощо, зараз в основному використовуються пластмаси (різні термопластичні полімери). Вони виготовляються з високою точністю відтворення форми. Завдяки цьому можлива реалізація особливо ступінчастих і багатокамерних систем. Потім рефлектори лакуються для досягнення необхідної якості поверхні. В системах фар з великим тепловим навантаженням також використовуються рефлектори з алюмінію або магнію. На наступному етапі виконуються напилення відбивального шару з алюмінію та захисного шару з кремнію.

Через точно обмежений хід променя та високий світловий потік дуже часто в сучасних фарах використовуються проєкційні модулі (рис. 1.7). Завдяки різним діаметрам лінз, функціям освітлення та можливостям установки, ці модулі можуть використовуватися для створення індивідуальних проєктів фар.



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд проєкційних модулів

Покрівельне скло фар з функцією розсіювання направляє отриманий від рефлектора світловий потік на дорожнє полотно, створюючи необхідний розподіл світла. Однак це рішення було замінено новими технологіями FF (free form відбивач) та FF+DE (проєкційна система).

Так зване «гладке скло фар» також не має оптичних елементів. Воно служить тільки як захист від забруднення та впливу непогоди (рис. 1.8). Воно використовуються в наступних системах фар:

- лінза всередині (триосьовий еліпсоїдний рефлектор) для ближнього, дальнього (біксенонового) та протитуманного світла;
- окремий розсіювач всередині фари, безпосередньо перед рефлектором;
- фари із вільною поверхнею (FF), повністю без додаткової оптики.



Рисунок 1.8 – Скло фар без розсіюючої оптики

У сучасних фарах розподіл світла на дорозі базується на двох основних світлотехнічних технологіях: відображення та оптична проекція. Якщо системи відображення є рефлекторами з великою площею під гладким або оснащеним оптикою склом фари, то системи оптичної проекції мають малий світловий отвір фари з характерною лінзою.

Розрізняють чотири типові системи фар:

1. Фари типу параболоїд, наприклад, дальнє та ближнє світло в Audi 100.
2. Фари FF-H4, (Free Form технологія відбивача), наприклад, у VW Bora.
3. Фари з гладкою поверхнею (FF), наприклад, у Skoda Roomster.
4. Фари Super-DE (комбінуються з FF-фарами), наприклад, у Skoda Superb.

Поверхня рефлектора має форму параболоїда. Це одна з найстаріших технологій, що застосовується для розподілу світла в фарах. Однак на сьогодні параболоїдні рефлектори майже не використовуються. В окремих випадках вони можуть бути застосовані у фарах дальнього світла та великих фарах H4. Якщо дивитися на рефлектор з переду, то для ближнього світла використовується верхня частина рефлектора. Джерело світла розміщується так, що світло, яке виходить вгору, відбивається від рефлектора вниз через оптичну вісь на дорогу. Оптичні елементи в розсіювачі виконують розподіл світла відповідно до нормативних вимог. Це здійснюється за допомогою двох різних форм оптичних елементів: циліндричне вертикальне профілювання для горизонтального розподілу світла та призматичні структури на висоті оптичної осі, які служать для розподілу світла таким чином, що на важливих ділянках дорожнього простору опиняється більше світла. Розсіювач фари параболоїдного типу для ближнього світла оснащений чіткими оптичними елементами і створює типове розподілення світла (рис. 1.9).

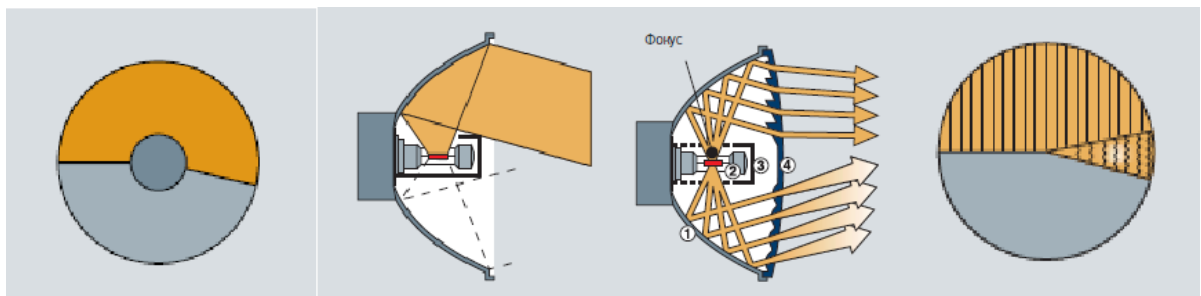


Рисунок 1.9 – Фара з рефлектором типу параболоїд

Система з гладкою поверхнею (FF-фара) мають вільно формовані в просторі поверхні рефлектора. Вони можуть розраховуватися та оптимізуватися лише за допомогою комп'ютера. У представленому прикладі (рис. 1.10) рефлектор розділений на сегменти, які освітлюють різні ділянки дороги та навколишній простір. Завдяки спеціальному конструктивному виконанню майже всі

поверхні рефлектора можуть використовуватися для ближнього світла. Поверхні орієнтовані так, що світло від усіх сегментів рефлектора відбивається вниз на дорогу. Відхилення світлових променів та розсіювання світла забезпечуються безпосередньо поверхнями рефлектора. Тому можливо використання гладких, не оснащених оптикою стекол фар, що передають діамантовий відтінок світла. Світлотіньова межа та освітлення правого краю дороги створюються горизонтально розташованими сегментами рефлектора. Розподіл світла по поверхні дороги може добре адаптуватися до спеціальних побажань та вимог. Майже всі відбивальні системи фар ближнього світла оснащені рефлекторами з FF-поверхнями.

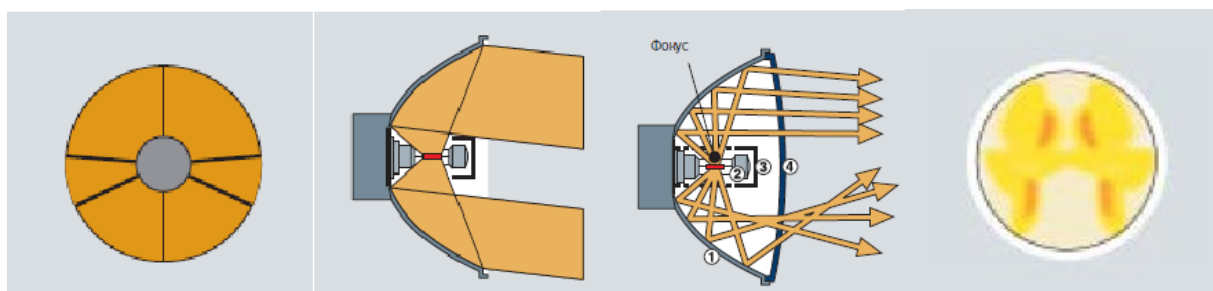


Рисунок 1.10 – Фара з гладкою поверхнею

Фари Super-DE (рис. 1.11), так само як і DE-фари, є проєкційними системами та функціонують аналогічним чином. При цьому поверхні рефлектора виконуються з використанням FF-технологій. Технологія побудована наступним чином – рефлектор захоплює максимально можливу кількість світла лампи; отримане світло направляється так, щоб максимальна можлива його кількість проходила через екран, а потім на лінзу; завдяки рефлектору світло направляється так, що на висоті екрана виникає розподіл світла, який лінза проєктує на дорогу. FF-технологія дозволяє забезпечити ширше розсіювання та покращене освітлення країв дороги. Світло щільно концентрується на світлотіньовій межі, завдяки чому можна досягти більшої дальності світла та комфорту під час нічного водіння. Майже всі нові системи оптичної проєкції ближнього світла в даний час оснащені рефлекторами з FF-поверхнями. Використовуються лінзи діаметром від 40 до 80 мм. Лінзи більшого діаметра дають збільшену світлову потужність, але також і збільшують вагу.

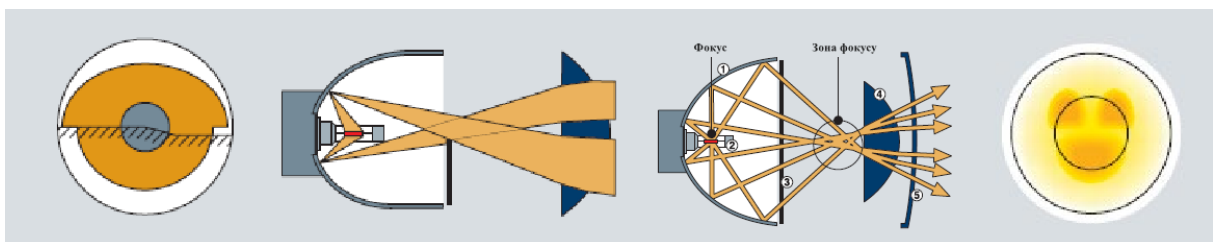


Рисунок 1.11 – Фара Super-DE

Bi-Xenon технологія означає, що дальнє і ближнє світло фар реалізується за допомогою одного проєкційного модуля. І відповідно для нього необхідно тільки один пусковий пристрій. Таким чином, для установки потрібно мінімум місця, а по суті ви отримуєте два потужних світлових потоки в одному. Завдяки застосуванню рухомого екрана можна чисто механічно перемикатися між розподілами світла для дальнього та ближнього світла. При цьому, за винятком сервомеханіки екрана, немає необхідності в додаткових витратах на окрему фару з власною керуючою електронікою. Крім того, потужність дальнього світла більша, і крайові ділянки дороги освітлюються значно краще. В Європі дозволено дообладнання лише комплектними системами ксенонових фар. Вони складаються з набору фар, що пройшли типові випробування (наприклад, з позначкою E1 на склі фари), коректора нахилу фар і очисника фар (вимоги згідно зі стандартом EEEK R48 або внутрішні вимоги). Кожна фара проходить сертифікацію разом з джерелом світла (галоген чи ксенон), з яким вона експлуатується. При заміні джерела світла або самої фари, які не пройшли типових випробувань, омологація анулюється, а разом з нею і дозвіл на експлуатацію транспортного засобу.

Регулювання кута нахилу фар

Безпечний рух в темряві можливий тільки з фарами, що мають правильний кут нахилу. Згідно з нормативно передбаченим на сьогодні в Європі ручним регулюванням дальності освітлення галогенових фар водій має можливість за допомогою перемикача на панелі приладів відрегулювати нахил фар відповідно до поточного рівня заряду акумулятора. Регулювання нахилу, як правило, здійснюється за допомогою електричного серводвигуна. Розроблені згодом автоматичні системи регулювання кута нахилу фар автоматично встановлюють кут нахилу відповідно до положення автомобіля на дорозі. Подібні системи, як уже згадувалося, законодавчо передбачені при використанні ксенонових фар.

У разі наявності установки ручного регулювання, водій повинен самостійно регулювати перемикачем кут нахилу фар (рис. 1.12). Існують як пневматичні, так і електричні системи. Проблема, що виникає, полягає в тому, що багато водіїв недостатньо поінформовані про можливості регулювання та його функції у своєму автомобілі, і при неправильному використанні можуть засліпити зустрічні машини [1-3].



Рисунок 1.12 – Ручне регулювання кута нахилу фар

Автоматичне регулювання кута нахилу фар представлено двома системами: квазістатичним та динамічним коректор LWR (рис. 1.13).

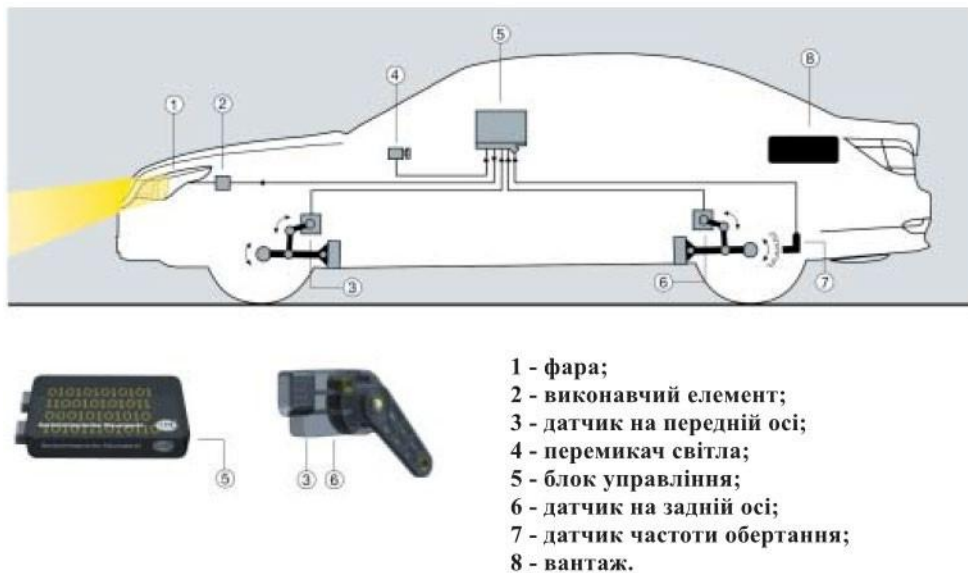


Рисунок 1.13 – Автоматичне регулювання автоматичного коректора нахилу фар (LWR)

Квазістатичний коректор LWR (рис. 1.14) коригує лише зміни кута через зміни навантаження. Блок управління аналізує дані з датчиків на передній і задній осях, порівнює їх з заданими значеннями, що зберігаються в пам'яті, і, якщо необхідно, відповідним чином керує серводвигунами на фарах. Як правило, встановлюються ті ж серводвигуни, що і в ручних коректорах LWR. У компактних автомобілях без великого виступу коліс цей коректор дає змогу відмовитися від датчика на передній осі, оскільки зміни нахилу, в основному, виникають лише на задній осі. Квазістатичний коректор LWR також працює з великим демпфуванням, тобто він регулює тільки тривалі нахили кузова. У комплекті переобладнання ксенонових фар компанії HELLA

використовується система на основі ультразвуку. При цьому датчик змінює безпосередню відстань від дорожнього покриття.



Рисунок 1.14 – Датчик та блок керування коректора LWR

У автомобілях, оснащених ксеноновими фарами, на сьогодні застосовуються лише динамічні коректори LWR (рис. 1.15), які реагують також і на зміни нахилу, що визначаються рухом автомобіля, наприклад, при гальмуванні чи розгоні. Схема комутації показує пристрій динамічного коректора LWR. При цьому блок виконує розрахунки заданих параметрів з урахуванням стану автомобіля на даний момент. На відміну від квазістатичного коректора LWR, серводвигуни включаються за лічені секунди. Для забезпечення такої реакції в фарах головним чином у якості виконавчих елементів використовуються крокові електродвигуни.

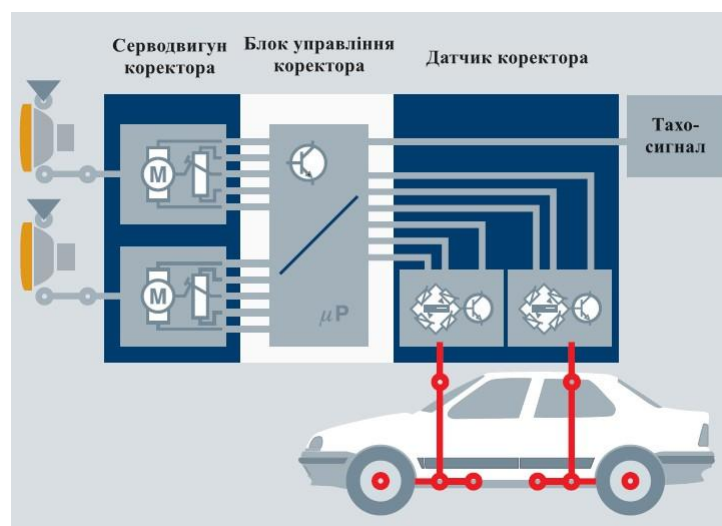


Рисунок 1.15 – Блок-схема динамічного коректора фар

У системах, які наразі існують на ринку, використовуються електричні серводвигуни, які (у 3-му поколінні) мають додаткові функції (версія 3i). Існують серводвигуни коректора фар, які монтуються безпосередньо у фару, а також серводвигуни для зовнішнього монтажу, з ручною базовою

регулюванням та без неї, версії з живленням 12 і 24 В. Повністю автоматизоване виробництво з високими стандартами якості забезпечує випуск понад 10 млн. серводвигунів на рік [1, 4].

ISM (інтелектуальний кроковий двигун) об'єднує в мехатронному модулі біполярний кроковий двигун і силові електронні пристрої, зазвичай розміщені в окремому блоці управління (рис. 1.16). Основним компонентом двигуна ISM є інтегрована мікросхема, яка реалізує комплексне включення крокового двигуна, діагностику і комунікацію з системою через комунікаційний модуль з інтегрованим інтерфейсом шини LIN.



Рисунок 1.16 – Зовнішній вигляд інтелектуального крокового двигуна

Важливими функціональними перевагами інтелектуального крокового двигуна є:

- мікрокроковий режим управління (робота з низьким рівнем шуму та резонансу);
- можливість діагностики;
- покращена характеристика ЕМС;
- напівавтономна обробка помилок;
- оптимізована система провідних з'єднань.

Окрім використання інтелектуального крокового двигуна в динамічному коректорі фар, ними також оснащуються динамічне адаптивне освітлення і валик модуля VARIOX®.

З 1995 року блоки управління HELLA використовуються для автоматичного та динамічного коректора фар в автомобілях з ксеноновим освітленням. Нове покоління блоків управління коректорами фар відрізняється наявністю додаткового виходу шини LIN, і завдяки цьому перетворюється на універсальний стандартний компонент. Величини ходу ресор від датчиків осей обробляються в блоці управління і за допомогою складних алгоритмів перераховуються в керуючі параметри регулювання нахилу фар. Модульна конструкція блоків управління дозволяє таким чином комбінувати окремі компоненти (наприклад, корпус, штекери, друковані

плати або програмне забезпечення) відповідно до різних вимог замовників, досягаючи максимального синергетичного ефекту в плані витрат і гнучкості. Завдяки інтерфейсу шини CAN, блок управління через кодування або програмування специфічних параметрів може адаптуватися до різних моделей автомобілів.

В ряді комплектацій автомобіля, що підвищують безпеку та комфорт, таких як активна підвіска, регулювання рівня, а також автоматичне регулювання нахилу фар, необхідно визначати відповідне положення кузова автомобіля. Принцип роботи індуктивного датчика положення кузова автомобіля наступний: на друкованій платі розміщуються кілька обтічних котушок, що створюють електромагнітне поле; над цією платою рухається з'єднаний через приводний важіль датчика металевий ротор, який надає вплив на електромагнітне поле. Залежно від положення важеля датчика зміна поля реєструється іншими котушками, що знаходяться на друкованій платі датчика, і аналізується за допомогою спеціально розробленої інтегральної схеми (рис. 1.17).

Цей датчик дозволяє обробляти різні кутові діапазони з постійною високою лінійністю. Індуктивний датчик осі передає як аналоговий сигнал, так і ШІМ-сигнал. Датчик працює з виключною точністю і повністю незалежно від температури. При цьому нульове положення датчика варіюється індивідуально. Модернізацією цього датчика є новий індуктивний датчик, який передає з округлості періодичний, стиснутий на 75 % ШІМ-сигнал. Завдяки цьому цей датчик використовується як ідентичний компонент на різних платформах. Різниця в установочному положенні та монтажних допусках при цьому компенсується за допомогою електронної юстировки в обробному блоці управління.

Наступною метою розробок є подальша оптимізація конструктивного простору та покращення вихідного сигналу, що реалізується для підвіски (датчик положення кузова автомобіля 2-го покоління).



Рисунок 1.17 – Блок управління коректора фар, інтегрований у датчик

Для автоматичного регулювання нахилу фар в компактних автомобілях на наступному етапі розвитку окремих блоку управління був інтегрований у датчик осі: Sensor Integrated Electronic Control Unit (SIECU) [5].

Основою інтегрованого в датчик блоку управління коректора фар є індуктивний датчик положення кузова автомобіля. Механічні інтерфейси, такі як кріплення та важіль датчика, відповідають аналогічним інтерфейсам датчиків осі.

У вигляді інтегрованого в датчик блоку управління на задній осі це рішення реалізує завдання автоматичного регулювання нахилу фар не тільки в автомобілях з ксеноновими фарами, а й, як заміна ручного регулювання, значно підвищує комфорт і безпеку в автомобілях з галогенними фарами.

Порядок виконання роботи.

1. Вивчити конструкцію та принцип роботи автомобільних фар головного освітлення за літературою [1-3] .
- 2.Виміряти вихідні розміри та визначити контрольні розміри.
- 3.Розмітити екран та майданчик перед ним.
- 4.Виконати регулювання фар.
- 5.Вивчити конструкцію та принцип дії теплового реле РС57.
- 6.Виконати монтаж та перевірку працездатності схем сигналізаторів повороту.
- 7.Оформити звіт та опрацювати контрольні питання.

Підготовка експерименту

Для визначення вихідних та контрольних розмірів необхідно:

1. Встановити штатив з фарами на парту на відстані 5 м від аудиторної дошки, дотримуючись паралельності площин штативу та дошки.
- 2.Виміряти відстані a , L , H згідно рисунку 6.1. Визначити розміри a та H за довідниковими даними (таблиця 6.1). Результати занести до табл. 6.2.

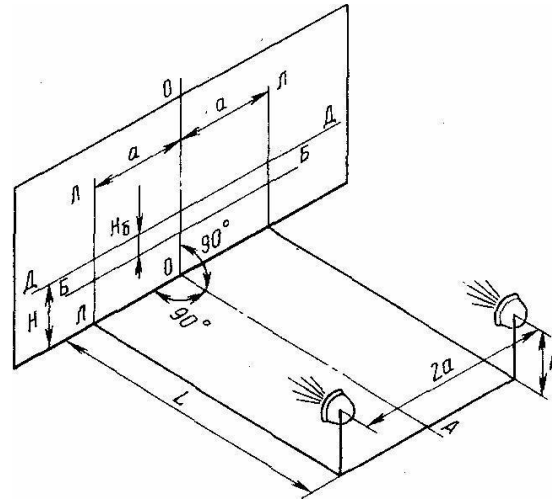


Рис.1.18 Схема розмітки екрану

Таблиця 1.1. Параметри регулювання фар (довідникові дані)

Н, мм	Нб, мм для L=5м	Нб, мм для L=10м
До 600	50	100
600-700	65	130
700-800	75	150
800-900	88	176
900-1000	100	200
1000-1200	110	220
Більше 1200	145	290

Розмітка екрану та майданчика перед ним

Накреслити крейдою на дошці контрольний екран, перевірити правильність встановлення штативу перед екраном з врахуванням необхідних параметрів розмітки майданчика (рис. 6.1).

Виконати регулювання фар.

1. Приєднати дрід —Масал до клеми джерела —-||; дрід —Б|| до клеми —+||. Увімкнути живлення стенду та за допомогою викрутки встановити верхню світлотіньову границю плям ближнього світла на лінії Б-Б контрольного екрану, а точки перелому верхньої світлотіньової границі лівої та правої фар - на перетин ліній Б-Б та Л-Л а також Б-Б та П-П відповідно.

2. Відключити живлення від дроту —Б|| та подати живлення на дрід —Д|| кабеля; перевірити співпадіння центрів світлових плям дальнього світла з точками перетину ліній Д-Д та Л-Л а також Д-Д та П-П. Вимкнути джерело живлення, від'єднати кабель від клем джерела та повернути штатив на стенд.

Таблиця 1.2 Вихідні та контрольні розміри

А, мм	Н, мм	Л, м	а, мм	Нб, мм

Монтаж і випробування схеми сигналізаторів з РС57.

1. Вивчити конструкцію та принцип роботи електро-теплового реле та схему сигналізаторів повороту за літературою [1-3].

2. Зібрати схему (спрощена схема для проведення експерименту - рисунок 6.1) сигналізаторів повороту з номінальним навантаженням: 2 лампи на 21 Вт + 1 лампа 3 Вт.

Увімкнути живлення, визначити частоту переключень. Результати занести до таблиці 6.3.

3. Зібрати схему сигналізаторів повороту зі зменшеним навантаженням: 1 лампа на 21 Вт + 1 лампа 3 Вт. Увімкнути живлення, визначити частоту переключень. Результати занести до таблиці 6.3.

4. Зібрати схему сигналізаторів повороту зі збільшеним навантаженням: 3 лампи на 21 Вт.

Увімкнути живлення, визначити частоту переключень. Результати занести до таблиці 6.3.

Вказівка: при збиранні схем в якості навантаження реле припустимо використовувати лампи сигналу гальмування, потужність яких співпадає з потужністю ламп сигналізаторів повороту.

Таблиця 1.3 - Результати експерименту

Увімкнено лампи	Виміряно		Розраховано	
	Кількість переключень за 10 секунд N	Струм лампи ліхтарі в, I , А	f - частота переключень сигналізаторів, $f \approx N/10$, с ⁻¹	Реальна потуж- ність наванта- ження, $P \approx UI$
21+21+3				
21+3				
21+21+21				

Лабораторне заняття № 6

Тема. Дослідження приладів звукової сигналізації автомобіля

Мета. Ознайомитися з будовою і принципом роботи електромагнітних та електронних звукових сигналів. Дослідити характеристики звукових сигналів (частота, гучність, споживаний струм). Вивчити схему підключення та основні несправності системи звукової сигналізації.

Перевірка стану звукових сигналів

Знімають кришку звукового сигналу і розглядають його деталі та вузли, особливу увагу звертаючи на стан контактів і резистора для гасіння іскри. Окислення контактів переривачів звукових сигналів понижує силу струму в колі і звуку сигналу, а інколи виникає припинення його роботи, Окислення контактів посилюється при обриві резистора гасіння іскри (або несправності конденсатора). Для зняття шару окислення з поверхні контактів їх потрібно зачистити абразивним папером або надфілем і продуту повітрям.

Обрив обмотки сигналу відбувається найчастіше при руйнуванні пайки в місцях кріплення виводів обмотки. При цій несправності електричне коло розривається і сигнал не працює.

Замикання на корпус ізолюваної пластини переривача відбувається при руйнуванні текстолітової пластини, що ізолює контакт переривача. При такій несправності коло не розмикається, якір притягується до осердя з клацанням, переривання кола не відбувається і сигнал не звучить.

Причиною торохкотіння звуку є тріщини в мембрані. Несправність визначається візуально після розбирання. Працездатність сигналу перевіряють при підключенні його до акумуляторної батареї.

Регулювання звукових сигналів

Порушення регулювання сигналу змінює силу притискання контактів переривача і силу струму в обмотці, внаслідок чого змінюється сила звуку сигналу. На висоту і силу звуку сигналу суттєво впливає зміна відстані між штифтом 3 і пружною пластиною 4 нерухомого контакту в сигналах С302 і С306 (рисунок 4.41), між осердям 3 і якорем 2 в сигналах С56-Г (рисунок 4.42), між торцем якоря 1 і пружною пластиною 2 в С302-Г і С303-Г (рисунок 4.43).

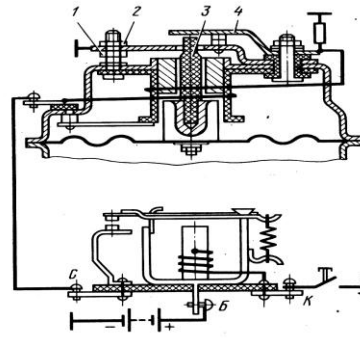


Рисунок 4.41 – Схема електромагнітних звукових сигналів С302, С303, С307, С306

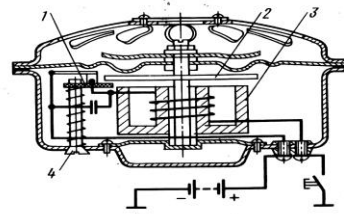


Рисунок 4.42 – Схема електромагнітного звукового сигналу С56Г

Для регулювання сили звуку сигнал підключають за схемою (рисунок 4.44). Сила звуку в сигналах С56-Г (рисунок 4.42) регулюється гвинтом 4, а в сигналах С302-Г і С303-Г гвинтом 3. При цьому змінюється відстань між якорем та ізолюваною від корпусу пластиною контакту переривача.

Із зменшенням відстані при меншому магнітному потоці відбувається більш швидке розмикання контактів переривача. В результаті зменшиться амплітуда коливання мембрани, що і буде причиною зміни звуку. При регулюванні сили звуку сигналу (рисунок 4.41) за показами амперметра контролюють силу струму, що споживається. Вона не повинна перевищувати 7,5А для одного сигналу і 15А для комплексу сигналів.

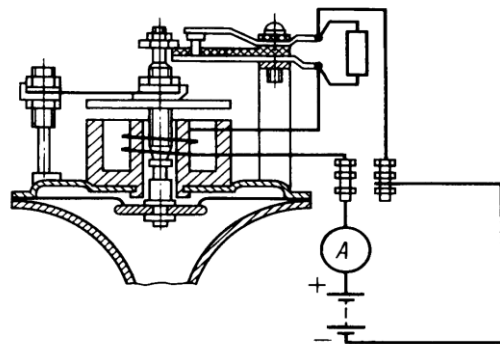


Рисунок 4.44 – Перевірка електромагнітного звукового сигналу

Тон звуку сигналу залежить від амплітуди коливання мембрани, тобто від проміжку між осердям і якорем. В сигналах С302, С306 і С55 звук регулюють гайками 1 і 2 (рисунок 4.41).

При цьому дещо відкручують гайку 2, а потім, натиснувши на кнопку ввімкнення сигналу, обертають гайку 1 в обидві сторони до утворення необхідного звуку, після чого притримуючи гайку 1, закріплюють гайку 2. Потім

перевіряють звучання сигналу і, якщо необхідно, коректують регулювання. Перевірку звуку повторюють і після установки кришки.

Регулювання реле сигналів

Для перевірки і регулювання реле сигналів потрібно зняти кришку, перевірити і при необхідності зачистити робочі поверхні контактів. Проміжок між контактами 1 (рисунок 4.42) в межах 0,4...0,7 мм регулюють підгинанням стійки 6 нерухомого контакту, а проміжок між якорем 3 і осердям 5 в межах 1,0...1,2 мм регулюють підгинанням обмежувача 2 підйому якоря.

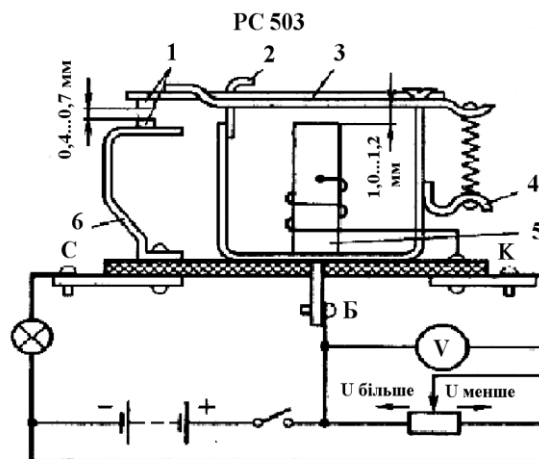


Рисунок 4.45 – Перевірка і регулювання реле ввімкнення сигналів

Реле під'єднують по схемі (рисунок 4.45), вмикають коло і плавним рухом повзуна реостата збільшують напругу в колі обмотки реле до моменту замикання контактів. В момент замикання контактів вмикається лампа. Напругу ввімкнення контактів реле в межах 6...8 В для систем напругою 12 В, і 12...16 В для систем напругою 24 В регулюють зміною натягу пружини шляхом підгинання кронштейна 4 кріплення пружини.

Якщо контакти реле 1 замикаються при напрузі менше 6 В, натяг пружини необхідно збільшити. Якщо контакти замикаються при напрузі понад 8 В, натяг пружини зменшують.

Реле сигналів можна відрегулювати, підключивши його обмотку спочатку до трьох акумуляторів батареї (6 В), а потім до чотирьох (8 В). Контакти повинні надійно замикатись при напрузі 8 В і не повинні – при 6 В.

Складання звіту

Звіт має відображати принципи і схеми перевірок блоків, основні технічні характеристики і дані перевірок.

Лабораторне заняття № 7

Тема. Дослідження датчика детонації

Мета. Познайомитися з принципом дії та характеристиками датчика детонації. Навчитися збирати та обробляти вхідний сигнал датчика: фільтрація, спектральний аналіз (FFT), детекція імпульсів детонації. Визначити залежність появи детонації від кута випередження запалювання, навантаження і частоти обертання.

Теоретичні відомості

У сучасних двигунах внутрішнього згоряння важливу роль відіграє контроль процесу згоряння паливо-повітряної суміші. Одним із небезпечних явищ, що може виникати під час роботи двигуна, є детонація – неконтрольоване вибухоподібне згоряння суміші в циліндрі. На відміну від нормального плавного горіння, детонація супроводжується різкими ударними хвилями, які створюють додаткове механічне навантаження на деталі двигуна. Це може призвести до перегріву, зниження потужності, підвищеної витрати палива та навіть серйозних пошкоджень поршнів, клапанів або підшипників.



Рисунок 8.1 – Зовнішній вигляд датчика детонації

Для запобігання таким наслідкам у конструкції двигуна використовується датчик детонації – елемент системи керування двигуном, який дозволяє виявляти характерні вібрації, пов'язані з детонаційним горінням. Основне завдання датчика – перетворити механічні коливання блоку двигуна на електричний сигнал, який передається до електронного блоку керування (ЕБУ). Отримавши

цей сигнал, ЕБУ аналізує його та коригує роботу двигуна – найчастіше змінює кут випередження запалювання, зменшуючи ймовірність виникнення детонації.

В основі роботи датчика детонації лежить п'єзоелектричний ефект – здатність певних матеріалів генерувати електричну напругу під дією механічного навантаження. Коли двигун працює, корпус блоку циліндрів вібрує, і ці коливання передаються на датчик. П'єзоелемент всередині датчика реагує на вібрації та створює електричний сигнал, величина якого залежить від інтенсивності коливань. Саме цей сигнал використовується системою керування для визначення наявності детонації.

Існують різні типи датчиків детонації – резонансні та широкосмугові. Резонансні датчики налаштовані на певну частоту коливань, характерну для конкретного двигуна, тому вони реагують лише на вузький діапазон сигналів. Широкосмугові датчики є більш універсальними – вони сприймають широкий спектр частот, а точний аналіз сигналу виконується програмним забезпеченням ЕБУ. Саме широкосмугові датчики найчастіше застосовуються в сучасних автомобілях.

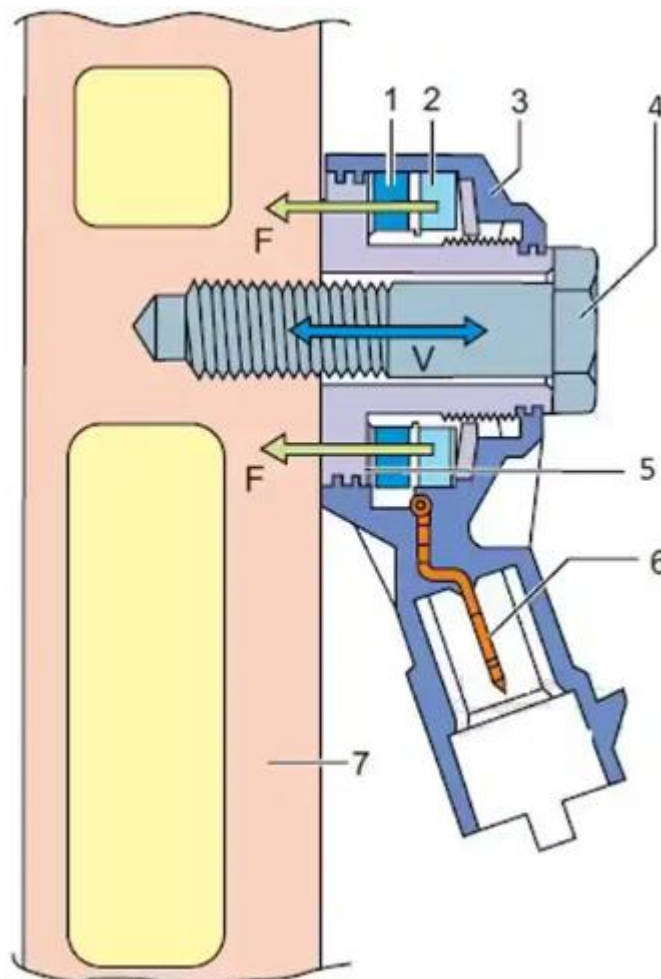


Рисунок 8.1 – Будова датчика детонації

Справна робота датчика детонації має велике значення для ефективності та довговічності двигуна. Якщо датчик працює неправильно або виходить з ладу, система керування може використовувати захисні режими – наприклад, постійно

зменшувати кут випередження запалювання. Це призводить до втрати потужності та збільшення витрати палива. У деяких випадках навпаки – відсутність корекції може спричинити появу детонації та пошкодження двигуна. Саме тому своєчасна діагностика датчика детонації є важливою складовою технічного обслуговування автомобіля.

Таким чином, датчик детонації є ключовим елементом системи керування двигуном – він забезпечує адаптацію роботи двигуна до різних умов експлуатації, підвищує ефективність згоряння та захищає механічні компоненти від перевантажень. Його використання дозволяє поєднати високу продуктивність двигуна з надійністю та економічністю, що є важливим для сучасних транспортних засобів.

Хід роботи

Завдання 1 – Визначення розташування

1. Знайти датчик на блоці двигуна.
2. Записати – кількість датчиків, тип роз'єму, тип датчика.

Завдання 2 – Візуальний огляд

1.Перевірити – проводку, роз'єм, кріплення, наявність окислення або пошкоджень.

Завдання 3 – Перевірка мультиметром

Перевірка опору

1. Вимкнути запалювання.
2. Від'єднати датчик.
3. Виміряти опір – записати значення.

Оцінка – обрив або коротке замикання свідчить про несправність.

Перевірка сигналу

1. Мультиметр – режим АС мВ.
2. Легко постукати біля датчика.
3. Має з'явитися імпульс напруги.

Завдання 4 – Діагностика OBD-II

– зчитати коди помилок

– переглянути Live Data – Knock Retard, Knock Sensor Signal

– записати результати

Завдання 5 – Аналіз причин

Симптом – можлива причина – перевірка

P0325 – обрив проводки – продзвон

P0327 – слабкий сигнал – поганий контакт

P0328 – високий сигнал – коротке замикання

Таблиця вимірювань

Параметр	Значення	Норма	Висновок
Опір датчика	_____	_____	_____
Сигнал мВ	_____	_____	_____
DTC	_____	–	_____
Knock Retard	_____	–	_____

Лабораторне заняття № 8

Тема. Дослідження лямбда-зонда (датчика кисню)

Мета. Ознайомитися з принципом роботи кисневого датчика (лямбда-зонда). Дослідити залежність вихідної напруги датчика від складу паливно-повітряної суміші. Побудувати характеристику роботи датчика. Виконати розрахунок області чутливості та визначити фактори, що впливають на точність вимірювань.

Теоретичні положення

Призначення та будова лямбда-зондів

На більшості автомобілів із уприскуванням бензину для забезпечення більш раціонального дозування палива застосовується зворотний зв'язок: від відпрацьованих газів – до складу суміші. При цьому в електронний блок управління подаються сигнали від лямбда-зонда (λ -зонд – від фр. sonde – щуп) або датчика кисню (фіксується вміст вільного кисню), розміщеного у випускному трубопроводі двигуна.

Сигнал лямбда-зонда реєструється електронним блоком управління, перетворюється в команду тривалості відкриття форсунок і, тим самим, паливна суміш збагачується або збіднюється. Датчики кисню працюють звичайно, в діапазоні температур 350-900 °С. Принцип дії датчиків різний.

Цирконієвий датчик (використовується керамічний елемент на основі двоокису цирконію ZrO_2 , що покритий платиною) – це гальванічне джерело струму, що змінює напругу залежно від температури й наявності кисню в навколишньому середовищі. Цирконієві датчики, формують (створюють) електричний сигнал і є найпоширенішими на автомобільних двигунах.

Кисень, що міститься у відпрацьованих газах, реагує з датчиком лямбда-зонда, створюючи різницю потенціалів на виході датчика. Вона змінюється приблизно від 0,1 В (високий вміст кисню – бідна суміш) до 0,9 В (малий вміст кисню – багата суміш).

Титанові датчики (використовується двоокис титана TiO_2) застосовуються рідше та є резисторами, опір яких змінюється залежно від температури й наявності кисню в навколишньому середовищі. Можна сказати, що ці датчики у принципі працюють так само, як і датчики температури двигуна.

Відслідковуючи вихідну напругу датчика концентрації кисню, блок керування визначає, яку команду по коректуванню складу робочої суміші подавати на форсунки. Якщо суміш бідна (низька різниця потенціалів на виході датчика), то дається команда на збагачення суміші. Якщо суміш багата (висока різниця потенціалів) – дається команда на збіднення суміші.

Лямбда-зонди застосовуються з обігрівом і без обігріву. Зонди, що обігріваються, як правило, знаходяться дещо далі від випускного колектора, у

випускному трубопроводі. Без обігріву вони досягали б своєї робочої температури при пуску двигуна із затримкою. Головна ж мета електричного обігріву зондів – це включення їх у роботу, коли температура, контактуючих із ними відпрацьованих газів нижче 350°C .

За допомогою датчиків концентрації кисню у відпрацьованих газах вдається оптимізувати склад робочої суміші по токсичності вихлопу при певних режимах роботи двигуна. Застосовуються ці датчики, як правило, сумісно з нейтралізаторами відпрацьованих газів.

В даний час ширше застосовуються дворівневі зонди, чутливий елемент яких виконаний з оксиду цирконію або з оксиду титана, але на їх заміну на нових бензинових двигунах та дизелях приходять широкосмугові лямбда-зонди.

Методики перевірки лямбда-зондів

Конкретні методики лямбда-зондів є індивідуальними і залежать від типу лямбда-зондів. За наявності відповідного обладнання ефективність діагностики та правильність поставленого діагнозу залежить виключно від кваліфікації діагноста, знання ним будови, принципу дії, особливостей функціонування та перевірки лямбда-зондів.

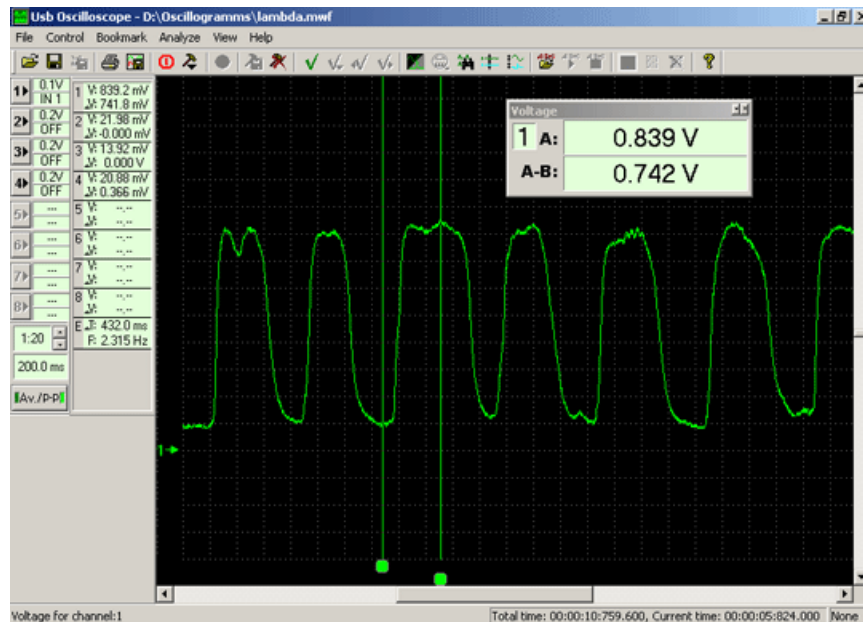
Лямбда-зонд встановлюється в потоці відпрацьованих газів двигуна і вимірює рівень вмісту кисню у відпрацьованих газах. Аналізуючи осцилограму напруги вихідного сигналу лямбда-зонда на різних режимах роботи двигуна, можна оцінити як справність самого датчика, так і справність системи управління двигуном в цілому. Ознакою несправного лямбда-зонда є підвищена витрата палива, погіршення динаміки автомобіля, відчутне пониження потужності двигуна, можлива нестійка робота двигуна на холостому ході або плаваючі обороти холостого ходу. Лямбда-зонд порівнює рівень вмісту кисню у вихлопних газах і в навколишньому повітрі і представляє результат цього порівняння у формі аналогового сигналу. Для прикладу розглянемо методику перевірки лямбда-зондів чутливий елемент яких виконаний з оксиду цирконію.

Методики перевірки лямбда-зондів чутливий елемент яких виконаний з оксиду цирконію

Лямбда-зонд на основі оксиду цирконію генерує вихідний сигнал напругою від 40-100 mV до 0,7-1,0 V (рис. 8.1). Розмах напруги вихідного сигналу справного лямбда-зонда досягає ~ 950 mV.

При пониженому вмісті кисню у відпрацьованих газах, викликаному роботою двигуна на багатій суміші, датчик генерує сигнал високого рівня напругою 0,65-0,9 V. При підвищеному вмісті кисню у відпрацьованих газах (збіднена паливна суміш) датчик генерує сигнал низького рівня напругою 40-250 mV. Справний лямбда-зонд на основі оксиду цирконію починає нормально працювати тільки після прогрівання чутливого елемента до температури вище $\sim 350^{\circ}\text{C}$ (рис. 8.2), коли його вихідний електричний опір значно знижується і він

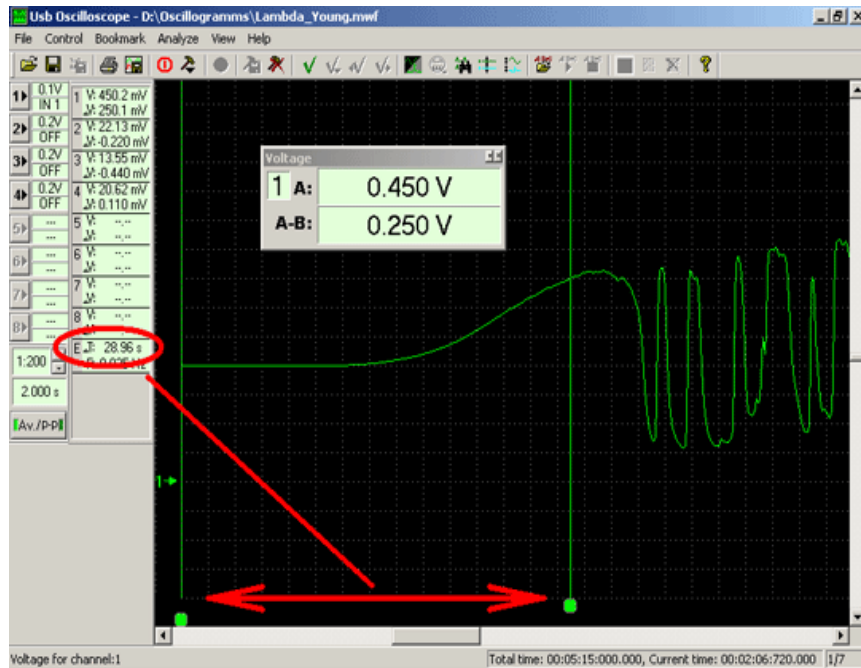
набуває здатність відхиляти опорну напругу, що поступає від блоку управління двигуном через резистор з постійним електричним опором. В блоках управління двигуном більшості виробників опорна напруга рівна 450 mV. Такий блок управління двигуном вважає лямбда-зонд готовим до роботи тільки після того, як внаслідок прогрівання, датчик набуває здатність відхиляти опорну напругу в діапазоні більш ніж $\pm 150\sim 250$ mV.



A: – значення напруги у момент часу вказаний маркером. В даному випадку відповідає максимальній напрузі вихідного сигналу лямбда-зонда і рівне ~ 840 mV;

A-B: – значення різниці напруг між двома вказаними маркерами моментами часу. В даному випадку відповідає розмаху вихідної напруги сигналу зонда і складає ~ 740 mV.

Рисунок 9.1 – Осцилограма вихідної напруги лямбда-зонда BOSCH на основі оксиду цирконію



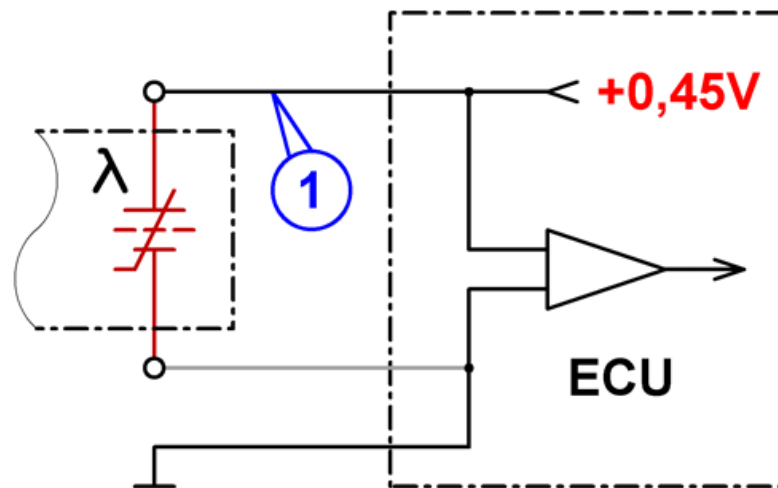
dT: – значення інтервалу часу між двома маркерами. В даному випадку відповідає часу прогрівання лямбда-зонда і рівне ~ 30 s;

A: – значення напруги у момент часу вказаний маркером. В даному випадку відповідає опорній нарузі, що поступає від блоку управління двигуном і рівно ~ 450 mV;

A-B: – значення різниці напруг між двома вказаними маркерами моментами часу. В даному випадку відповідає відхиленню опорної напруги, що поступає від блоку управління двигуном на величину, після досягнення якої лямбда-зонд вважається прогрітим і готовим до роботи і рівно ~ 250 mV.

Рисунок 9.2 – Осцилограма вихідної напруги лямбда-зонда BOSCH на основі оксиду цирконію після пуску прогрітого до робочої температури двигуна

Опорна напруга на сигнальному дроті лямбда-зонда в блоках управління двигуном може мати і інші значення. Наприклад, для блоків управління виробництва Ford воно рівне 0 V, а для блоків управління двигуном виробництва Daimler Chrysler – 5 V. Вимірювання напруги вихідного сигналу лямбда-зонда блок управління двигуном проводить щодо сигнальної "маси" датчика (рис. 8.3).



1 – точка підключення щупа осцилографа для отримання осцилограми вихідного сигналу датчика.

Рисунок 9.3 – Схема підключення осцилографа до лямбда-зонда BOSCH на основі оксиду цирконію

Сигнальна "маса" лямбда-зонда залежно від його конструкції може бути виведена через окремий дріт на роз'єм датчика, а може бути сполучена з корпусом датчика і при установці датчика, у такому разі, автоматично з'єднуватися з "масою" автомобіля через різьбове з'єднання. Сигнальна "маса" лямбда-зонда, виведена через окремий дріт на роз'єм датчика, в більшості випадків сполучена з "масою" автомобіля. Але зустрічаються блоки управління двигуном, де дріт сигнальної "маси" лямбда-зонда підключений не до „маси” автомобіля, а до джерела опорної напруги.

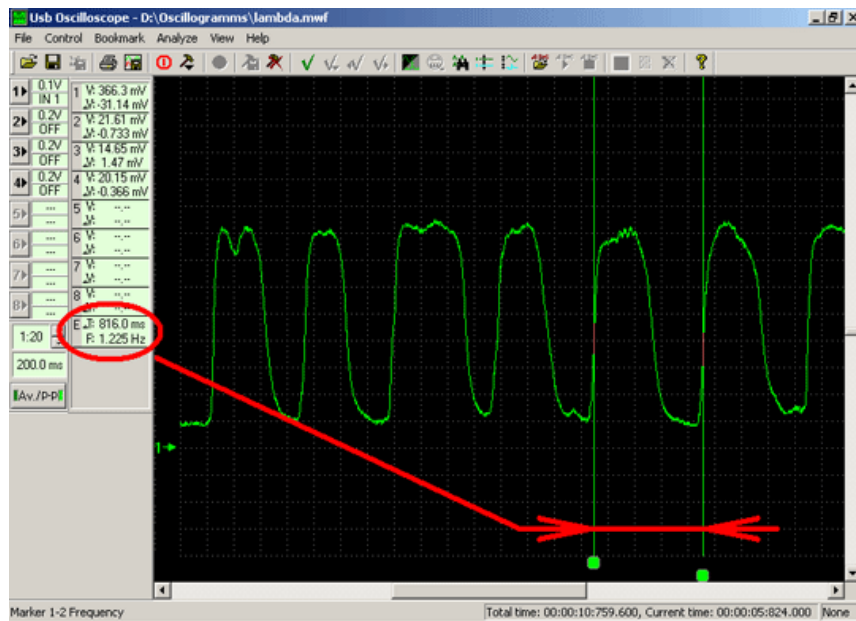
В таких системах вимірювання напруги вихідного сигналу лямбда-зонда блок управління двигуном проводить щодо джерела опорної напруги, до якої підключений дріт сигнальної "маси" лямбда-зонда.

Аналізуючи осцилограму напруги вихідного сигналу лямбда-зонда на різних режимах роботи двигуна, можна виявити несправності як самого датчика, так і системи управління двигуном в цілому. Блок управління на прогрітому двигуні оцінює по вихідній напрузі нагрітого до робочої температури лямбда-зонда відхилення складу суміші від стехіометричного (ідеальне співвідношення повітря/паливо). У випадку, якщо згоряє стехіометрична суміш, напруга вихідного сигналу лямбда-зонда буде рівна 445-450mV.

Відстань від випускних клапанів газорозподільного механізму до місця розташування датчика і значний час реакції чутливого елементу датчика приводять до деякої інерційності системи, що не дозволяє безперервно підтримувати стехіометричний склад суміші. Практично, при роботі двигуна на сталому режимі, склад суміші постійно відхиляється від стехіометричного в діапазоні $\pm 2\sim 3\%$ з частотою 1~2 рази в секунду. Цей процес чітко простежується по осцилограмі вихідної напруги сигналу лямбда-зонда (рис. 8.4).

Низька частота перемикання вихідного сигналу лямбда-зонда вказує на збільшений діапазон відхилення складу суміші від стехіометричного. Така несправність може бути викликана збільшеним часом переходу вихідної напруги зонда від одного рівня до іншого через старіння або отруєння датчика.

Час переходу вихідної напруги зонда від одного рівня до іншого не повинний перевищувати 120 ms (рис. 8.5). Причиною значного збільшення часу переходу вихідної напруги зонда від одного рівня до іншого може стати отруєння або старіння датчика.

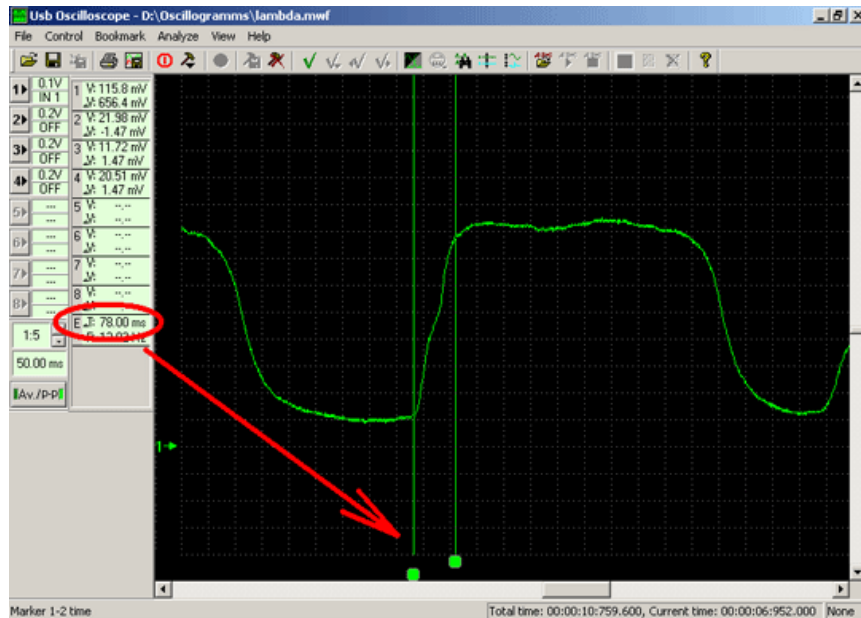


F: – значення частоти між двома маркерами ($1/dT$). В даному випадку відповідає частоті перемикання вихідного сигналу лямбда-зонда приблизно 1,2 Hz.

Рисунок 9.4 – Осцилограма вихідної напруги лямбда-зонда BOSCH на основі оксиду цирконію. Визначення частоти переключення лямбда-зонда

Отруєння датчика може бути викликано вживанням присадок до палива або масла, що містять свинець і деякі інші елементи, або вживанням при ремонті двигуна деяких видів герметиків. Старіння датчика відбувається внаслідок його роботи в агресивному середовищі з високою температурою.

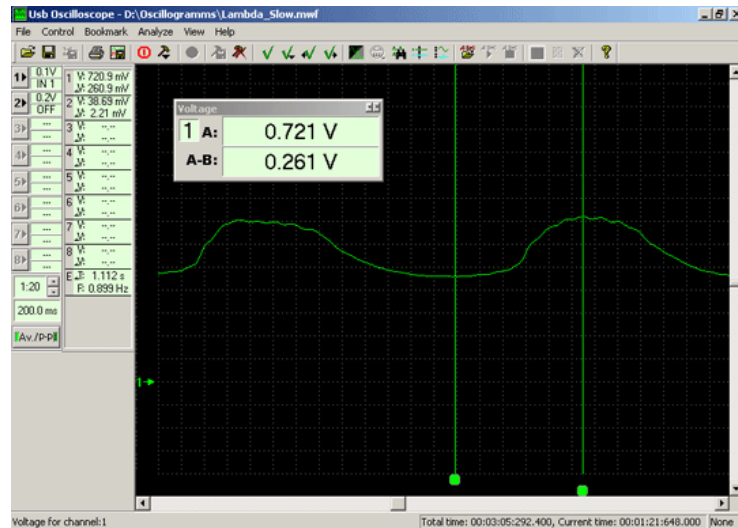
Через старіння вихідний електричний опір чутливого елементу лямбда-зонда знижується при значно більш високій температурі до значення, при якому датчик набуває здатність відхилювати опорну напругу. Через збільшений електричний опір розмах вихідної напруги сигналу лямбда-зонда зменшується (рис. 8.6).



dT: – значення інтервалу часу між двома маркерами. В даному випадку відповідає часу переходу вихідної напруги зонда від низького рівня до високого і складає ~ 78 ms.

Рисунок 9.5 – Осцилограма вихідної напруги лямбда-зонда BOSCH на основі оксиду цирконію. Визначення часу переключення лямбда-зонда з одного крайнього положення в друге

Старіючий лямбда-зонд легко можна виявити по осцилограмі напруги його вихідного сигналу на таких режимах роботи двигуна, коли потік і температура відпрацьованих газів знижуються. Це режим холостого ходу і малих навантажень. Практично старіючий лямбда-зонд все ще працює на рухомому автомобілі, але як тільки навантаження на двигун знижується (холостий хід), розмах сигналу швидко починає зменшуватися аж до зникнення коливань (рис. 8.7).

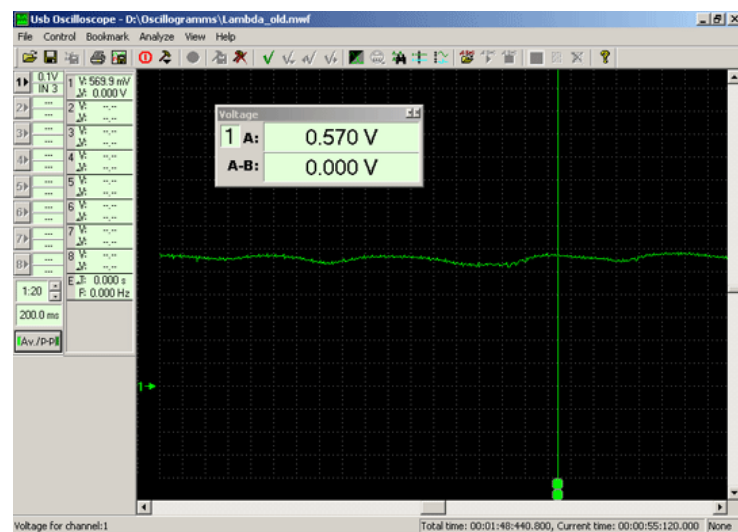


A: – значення напруги у момент часу вказаний маркером. В даному випадку відповідає максимальній напрузі вихідного сигналу лямбда-зонда і дорівнює ~ 720 mV;

A-B: – значення різниці напруг між двома вказаними маркерами моментами часу. В даному випадку відповідає розмаху вихідної напруги сигналу зонда ~ 260 mV.

Рисунок 9.6 – Осцилограма вихідної напруги старого лямбда-зонда на основі оксиду цирконію

Напруга вихідного сигналу стає майже стабільною, її значення стає близьким опорній напрузі 300-600 mV. У разі значного підвищення температури чутливого елементу вихідний електричний опір лямбда-зонда дещо знижується і його здатність відхиляти опорну напругу зростає.



A: – значення напруги у момент часу вказаний маркером. В даному випадку відповідає середньому значенню напруги вихідного сигналу лямбда-зонда і рівне ~ 550 mV.

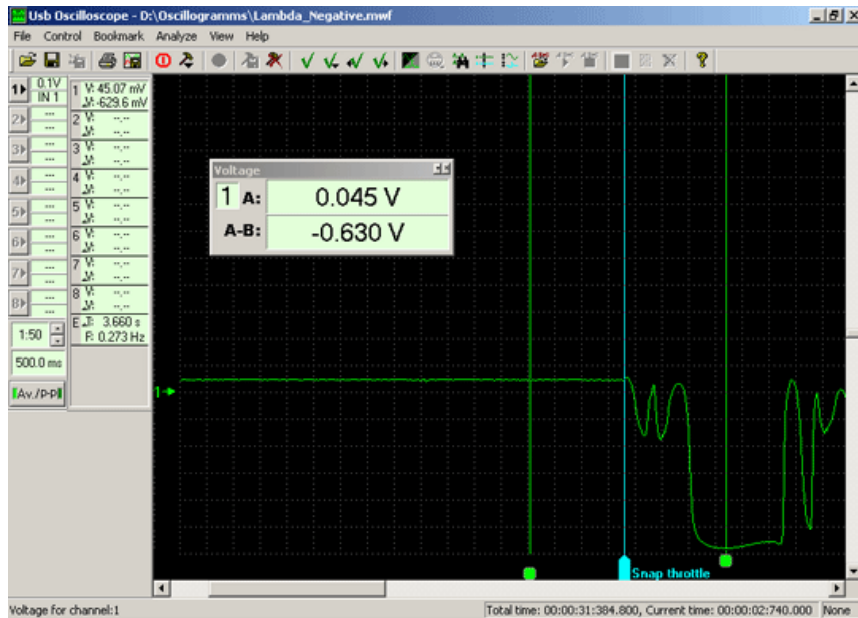
Рисунок 9.7 – Осцилограма вихідної напруги старого лямбда-зонда на основі оксиду цирконію на оборотах холостого ходу

Цією особливістю датчика можна скористатися підвищивши температуру і швидкість потоку відпрацьованих газів шляхом збільшення навантаження або оборотів двигуна, розігріваючи таким чином чутливий елемент зонда до більш високої температури. Якщо в такому режимі роботи двигуна осцилограма вихідного сигналу набуває звичний вигляд, це вказує на те, що лямбда-зонд все ще здатний забезпечити близький до заданого склад робочої суміші під час руху автомобіля. При цьому водій автомобіля часто не помічає збільшення витрати палива, зниження потужності і приємності двигуна, але робота двигуна на оборотах холостого ходу може бути нестійкою, може з'являтися плавання оборотів холостого ходу.

Іноді зустрічається несправність лямбда-зонда, що викликає появу викидів напруги негативної полярності (рис. 8.8). У випадку появи такої несправності, витрата палива дуже сильно зростає, потужність двигуна значно знижується, при різких перегазовках спостерігаються викиди сажі з вихлопної труби, робоча поверхня ізоляторів свічок запалення покривається сажею.

Ця несправність виникає унаслідок внутрішньої, а іноді і зовнішньої розгерметизації лямбда-зонда. Чутливий елемент зонда порівнює рівень вмісту кисню у відпрацьованих газах і в атмосферному повітрі. У разі виникнення значної різниці рівнів вмісту кисню в камері з атмосферним повітрям і у відпрацьованих газах, датчик генерує напругу ~ 1 V. Полярність цієї напруги залежить від того, в якій з камер знизився рівень вмісту кисню. У справній системі рівень вмісту кисню змінюється тільки з боку відпрацьованих газів і лише у бік зменшення. Рівень вмісту кисню в камері з атмосферним повітрям при цьому виявляється значно вище за рівень вмісту кисню у вихлопних газах, унаслідок чого зонд генерує напругу 1 V позитивної полярності.

У випадку розгерметизації лямбда-зонда, в камеру з атмосферним повітрям проникають відпрацьовані гази з низьким вмістом кисню. На режимі гальмування двигуном (закрита дросельна заслінка при обертанні двигуна з високою частотою, подача палива при цьому відключена) у вихлопну систему двигуна викидається майже чисте атмосферне повітря. У такому разі, рівень вмісту кисню у вихлопній системі різко зростає і рівень вмісту кисню в атмосферній камері зонда виявляється значно нижче за рівень вмісту кисню у відпрацьованих газах, унаслідок чого зонд генерує напругу 1 V негативної полярності. Блок управління двигуном у такому разі вважає лямбда-зонд справним, оскільки незабаром після пуску двигуна і прогрівання, датчик відхиляє опорну напругу і понижає її до ~ 0 V.



A: – значення напруги у момент часу вказаний маркером. В даному випадку відповідає напрузі вихідного сигналу лямбда-зонда під час роботи двигуна на холостому ході і складає ~ 45 mV;
A-B: – значення різниці напруг між двома вказаними маркерами моментами часу. В даному випадку відповідає розмаху вихідної напруги сигналу зонда при різкій зміні режиму роботи двигуна і складає ~ 650 mV.
Snap throttle – закладка, що вказує на момент різкого відкриття дросельної заслінки.

Рисунок 9.8 – Осцилограма вихідної напруги несправного в наслідок розгерметизації лямбда-зонда на основі оксиду цирконію

Вихідна напруга зонда напругою ~ 0 V свідчить про близький рівень вмісту кисню у відпрацьованих газах і в розгерметизованій атмосферній камері зонда. На блок управління двигуном поступає сигнал зонда низького рівня, що є для нього свідомством збідненої суміші. Внаслідок цього, блок управління двигуном збагачує суміш. Таким чином, розгерметизація лямбда-зонда приводить до значного збагачення суміші. При цьому багато систем самодіагностики виявити дану несправність зонда не здатні. Ресурс датчика кисню у відпрацьованих газах при використанні вітчизняних бензинів складає 20 000 – 80 000 км.

Порядок виконання роботи та обробка результатів дослідження

Діагностика лямбда-зонда в даній лабораторній роботі буде виконуватись на базі двигуна Ford 1,6 EFi. Ознайомтесь з лабораторною установкою, з електричною та функціональною схемою двигуна Ford 1,6 EFi, розміщенням на двигуні лямбда-зонда. Виконайте за вказівкою викладача діагностику лямбда-зонда. Результати досліджень занесіть в табл. 8.1.

Таблиця 9.1 – Результати експериментів

№	Параметри, що діагностується	Результат и вимірюва нь
1	Час прогріву лямбда-зонда до робочої тем-ператури, с	
2	Мінімальне значення напруги, mV	
3	Максимальне значення напруги, mV	
4	Амплітуда вихідного сигналу, mV	
5	Час переключення з низького до високого рівня сигналу, мс	
6	Середня частота переключення з низького до високого рівня сигналу, Гц	
7	Напруга живлення нагрівного елемента, V	

У висновку зробіть заключення щодо придатності лямбда-зонда, що діагностувався.

Лабораторне заняття № 9

Тема. Дослідження датчика струму електромобіля

Мета. Ознайомитись із принципом дії та конструкцією датчиків струму, що застосовуються в електромобілях. Дослідити характеристики та точність вимірювання електричного струму різними типами датчиків. Визначити вплив температури, навантаження та напрямку струму на показання сенсора.

TA12-100 – це **трансформатор струму (current transformer – CT)**, який вимірює **змінний** струм без прямого електричного контакту з колом – струм провідника проходить крізь отвір трансформатора й утворює первинну обмотку (1 виток). Усередині СТ – вторинна обмотка з великою кількістю витків, тому струм на виході значно менший і пропорційний первинному. Для TA12-100 типово вказують **коефіцієнт трансформації 1000:1** – тобто при 5 А (RMS) на первинній стороні можна отримати до 5 мА (RMS) на вторинній.



Рисунок 10.1 – Датчик змінного струму 5А на TA12-100 для Arduino

Оскільки вихід СТ – це **струм**, для зчитування Arduino потрібне перетворення в **напругу** за допомогою **навантажувального резистора (burden resistor)**. Наприклад, при 200 Ω напруга (RMS) становитиме:

$$V_{out(rms)} = I_{sec(rms)} \cdot R_b = \frac{I_{pri(rms)}}{1000} \cdot R_b$$

Для 5 А та 200 Ω:

$$I_{sec} = 5/1000 = 0.005 \text{ А} = 5 \text{ мА}, \quad V_{out} = 0.005 \cdot 200 = 1 \text{ В (RMS)}$$

Саме тому в багатьох модульних версіях ТА12-100 ставлять **200 Ω** і отримують **приблизно 0–1 В (RMS)** на виході.

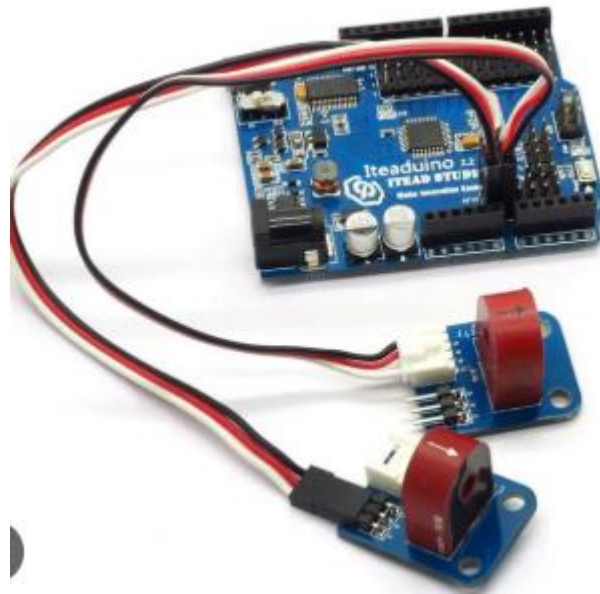


Рисунок 10.2 Підключення датчиків до плати Arduino

Важливо – вихідна напруга **змінна** і має від’ємну напівхвилю, а АЦП Arduino не вимірює “мінус”. Тому сигнал треба **змістити** до середини діапазону АЦП (приблизно 2.5 В для 5 В Arduino) – через подільник напруги та конденсатор.

Схема підключення до Arduino

Варіант А – у тебе модуль ТА12-100 вже з burden 200 Ω (вихід 0–1 В AC)

1. Зміщення (bias) на 2.5 В
 - R1 = 100 кΩ між 5V і вузлом Bias
 - R2 = 100 кΩ між GND і вузлом Bias
 - C1 = 10 μF між Bias і GND (плюс до Bias) – для стабілізації
2. Підмішування сигналу СТ в Bias
 - один вихід СТ на Bias
 - другий вихід СТ на A0 (через малий резистор 1 кΩ – опційно)

– A0 також під'єднаний до Bias (фактично сигнал коливається навколо Bias)

Практичний лайфхак – якщо модуль має 2 піни “OUT”, зручно зробити так: один OUT – на Bias, другий OUT – на A0.

Варіант В – “голий” TA12-100 без burden

– ставиш burden $R_b = 200 \Omega$ паралельно виходу СТ (між двома виходами) – далі як у Варіанті А

(200 Ω як граничний/типовий для отримання ~ 1 В на 5 А)

Хід роботи

Завдання 1 – Ідентифікація датчика та параметрів

1. Запиши – модель датчика (TA12-100), діапазон струму 0–5 А, коефіцієнт 1000:1, наявність burden-резистора та його номінал (якщо є).
2. Зроби фото/ескіз підключення (у звіті можна схемою від руки).

Завдання 2 – Збірка схеми та перевірка зміщення

1. Збери подільник R1–R2 та конденсатор C1.
2. Виміряй мультиметром напругу у точці Bias – має бути близько 2.5 В (для 5 В Arduino).
3. Запиши результат.

Завдання 3 – Зчитування сигналу та визначення RMS

1. Пропусти один провід навантаження крізь отвір TA12-100 (не два разом).
2. Увімкни навантаження.
3. Запусти скетч – зніми вибірку за 1–2 секунди та обчисли RMS.

Скетч Arduino

// TA12-100 – вимір RMS струму через Arduino ADC

// Підключення: A0 – зміщений сигнал (навколо ~ 2.5 В)

// Калібрування: див. константи RB_OHMS та CT_RATIO

```
const int PIN_ADC = A0;
```

```
const float VREF = 5.0; // опорна напруга Arduino Uno
```

```
const int ADC_MAX = 1023;
```

```

const float CT_RATIO = 1000.0; // 1000:1 для ТА12-100 (Ipri/Isec)
:contentReference[oaicite:6]{index=6}

const float RB_OHMS = 200.0; // burden (200 Ω типowo для модулів)
:contentReference[oaicite:7]{index=7}

const unsigned long SAMPLE_US = 200; // 5 кГц
const unsigned long WINDOW_MS = 1000; // 1 сек

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // 1) Оцінимо середнє (це і буде Bias у відліках АЦП)
  const int N_BIAS = 2000;
  long sum = 0;
  for (int i = 0; i < N_BIAS; i++) {
    sum += analogRead(PIN_ADC);
    delayMicroseconds(SAMPLE_US);
  }
  float bias = (float)sum / N_BIAS;

  // 2) RMS відхилення від Bias
  unsigned long t0 = millis();
  double acc = 0.0;
  long n = 0;

  while (millis() - t0 < WINDOW_MS) {
    int x = analogRead(PIN_ADC);
    float dx = (float)x - bias; // відхилення в "ADC counts"
  }
}

```

```

    acc += (double)dx * (double)dx;

    n++;

    delayMicroseconds(SAMPLE_US);
}

float rms_counts = sqrt(acc / (double)n);

// 3) Переводимо в Vrms на burden
float vrms = rms_counts * (VREF / ADC_MAX); // це Vrms змінної складової

// 4) Обчислюємо Isec_rms та Ipri_rms
float isec = vrms / RB_OHMS;
float ipri = isec * CT_RATIO;

Serial.print("Bias(ADC) – ");
Serial.print(bias, 1);
Serial.print(" | Vrms – ");
Serial.print(vrms, 4);
Serial.print(" V | Irms – ");
Serial.print(ipri, 3);
Serial.println(" A");

delay(500);
}

```

Завдання 4 – Перевірка результатів та калібрування

1. Виміряй струм навантаження мультиметром (якщо є кліщі/True RMS).
2. Порівняй із тим, що показує Arduino.
3. Якщо розбіжність суттєва – відкоригуй коефіцієнт перерахунку:
 - перевір реальний номінал burden-резистора (інколи на модулях він може відрізнятись)
 - заміни RB_OHMS у кодї на виміряне значення
 - за потреби введи коефіцієнт калібрування K:

Таблиця вимірювань (для звіту)

№	Навантаження – опис	I (мультиметр), А	Vrms (Arduino), V	Irms (Arduino), А	Похибка, %
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____

Типові помилки та пояснення:

- пропустили крізь датчик **два** проводи (фаза і нуль разом) – струми компенсуються – покази майже нуль
- немає зміщення Bias – половина синуса “обрізається” АЦП – RMS рахується неправильно
- відсутній burden-резистор або він занадто великий/замалий
- отримаєш неправильний масштаб і ризик перенапруги на виході СТ
- частота дискретизації замала – RMS “плаває”

Лабораторне заняття № 10

Тема. Дослідження роботи паркувального асистента автомобіля

Мета. Ознайомитись із принципом дії та структурою системи паркувального асистента. Дослідити роботу ультразвукових та візуальних сенсорів у складі системи. Навчитись оцінювати точність і швидкодію системи при виконанні маневру паркування.

Паркувальні системи (Parktronic) поділяють на дві великі групи пасивні та активні. Перші представляють тільки необхідну інформацію для паркування, а процес керування та водіння виконуються тільки водієм. Активні паркувальні системи забезпечують паркування авто в автоматичному режимі навіть без присутності водія. Такі системи є стаціонарними, вмонтованими у авто заводом виготовлювачем і впроваджувались з 2010 року. Випускна робота присвячена пасивним паркувальним системам, тому активні системи розглядати не будемо.

Пасивні паркувальні системи встановлюються при покупці авто як опція, або самостійно. Як говорилося вище в основі роботи таких систем є контроль відстані від передньої чи задньої частини авто до перешкоди та інформування водія [7, 8].

Підвищення рівня безпеки є нагальною задачею при розробці нових автомобілів та удосконаленні уживаних. За бажанням автомобіль можна дообладнати багатьма іншими допоміжними системами, такими як ультразвуковий паркувальний асистент або оптичний паркувальний асистент.

Це так звані паркувальні системи активної безпеки автомобіля – парктронік. Найбільша ефективність від застосування паркувальної системи реалізується при русі автомобіля заднім ходом, в темний час доби, а також в умовах обмеженого простору, наприклад, парковка, гараж тощо).

В задній і передній бампери монтується певна кількість датчиків, які випромінюють та приймають відбиті від наявних перешкод ультразвукові хвилі і з точністю до декількох сантиметрів визначають відстань до можливих перешкод.

При безпосередній близькості з перешкодою електронний блок видає звуковий та світлові сигнали, що подаються на індикатор. Також система може бути вимкнена водієм. Чим більша кількість датчиків, тим менша ймовірність появи мертвих зон.

Основним пристроєм парктроніка є електронний блок. Він відповідає за всю роботу, керує та діагностує електронне обладнання системи, а також сповіщує про можливу несправність парктроніка. В сучасному автомобілі використовуються технології, запозичені з областей авіабудування, електроніки радіолокації тощо. Система ультразвукового паркувального асистента автомобіля показана на рис.11.1.

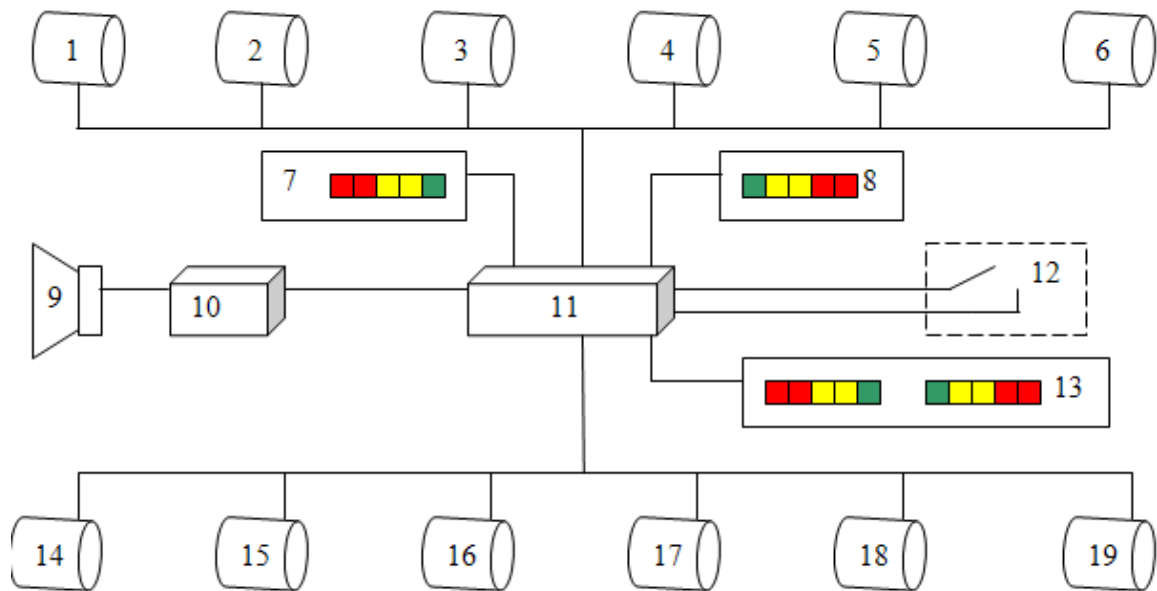


Рисунок 10.1 – Система ультразвукового паркувального асистента автомобіля:

1-6 – датчики-випромінювачі в передньому бампері; 7 – передній лівий модуль показчика; 8 – передній правий модуль показчика; 9 – динамік оповіщення водія; 10 – блок керування цифрою звукооповіщення; 11 – блок керування системою парктронік; 12 – вимикач системи; 13 – задній модуль показчика; 14-19 – датчики-випромінювачі в задньому бампері.

Система працює за принципом ехолота. Датчик-випромінювач генерує ультразвуковий (близько 30 кГц) імпульс і потім сприймає відбитий перешкодами сигнал. Електронний блок вимірює час, що минув між випромінюванням і прийомом відбитого сигналу, і, приймаючи швидкість звуку в повітрі за константу, а саме 311 м/с, обчислює відстань до об'єкта. Таким чином, мікроконтролером опитуються стан датчиків і, на підставі отриманих сигналів, виводиться інформація на пристрій індикації і, при необхідності, подаються попереджувальні сигнали з використанням пристрою звукового сповіщення [7, 8].

У випадку зменшення відстані до перешкоди, попереджувальні сигнали збільшують свою частоту. При зближенні до об'єкту в залежності від моделі парктроніку на відстань 20-30 см сигнал стає неперервним.

Датчик посилає в простір сигнал близько 30 кГц і приймає одночасно його відбиття від наявної перешкоди. Логічно, чим більший час відбитого сигналу, тим далі перешкода. Відмітимо, що ефективна роботи датчиків спостерігається на відстані 0,3 – 2 м від перешкоди.

В залежності від величини сигналів електронний блок подає відповідну інформацію на блок індикації у вигляді звуку, зелених (перешкода далеко) або червоних (перешкода близько) світлодіодів з проміжними жовтими. Додатковою функцією контролера може бути поточна цифрова індикація в метрах.

Система знаходиться в стані готовності, якщо: ключ системи запалювання в стані ввімкнено, швидкість автомобіля нижче 10 км / год; ввімкнена передача заднього ходу або нейтраль (готові до роботи передні і задні датчики).

Також система, може помилково попереджати про наближення до перешкоди під час несприятливих погодніх умов.

Крім вище названих факторів сюди можна й віднести такі:

- система не бачить ямковість на дорозі;
- наявність забруднень, льоду або снігу на поверхні датчика;
- наявність джерел підвищеного шуму на відстані близько 10 метрів від переднього чи заднього бамперу авто;
- вплив радіозв'язку в межах дії датчика.

Слід відмітити, що система може працювати з помилками і видавати хибні сигнали або не бачити перешкоди, які потрапили у мертву зону дії датчиків. Датчики системи не реагують на предмети чи перешкоди, які поглинають ультразвук (одяг, сильний дощ, пористі матеріали). Система може не зреагувати на такі перешкоди, висота яких менша за 1 м.

Чутливий елемент потрібен для перетворення параметрів середовища, в електричні. Наступною складовою датчиків є пристрій підсилення сигналів, що може бути виконаний на операційних підсилювачах або транзисторах, аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) та інтерфейс системи керування.

Тобто, датчик – це монолітний пристрій електронної техніки, що включає в себе у випадку нашої задачі первинний перетворювач – п'єзоелемент, що перетворює ультразвукові коливання в електричні сигнали.

Насьогодні розрізняють три класи датчиків, до яких відносять аналогові, цифрові та бінарні (двійкові). Аналогові генерують аналогові неперервні сигнали, що є пропорційними зміні вхідної величини, цифрові формують послідовності імпульсів або двійкові коди. Бінарні виробляють сигнали двох рівнів – «0» (вимкнено) і «1» (ввімкнено).

Перейдемо ближче до використовуваних в дипломній роботі датчиків, а саме датчиків переміщення. Основною їх функцією є визначення місцезнаходження об'єкта (перешкоди). Вони є первинними джерелами інформації на основі релейних або логічних схем, а також на базі мікроконтролерів.

За своєю природою вони можуть бути безконтактними (індуктивні, магнітні, електромагнітні, ємнісні, ультразвукові та оптичні) та контактними. Безконтактні датчики або безконтактні вимикачі призначені для контролю положення об'єктів у просторі. Його загальний вигляд показано на ри.1.2.



Рисунок 10.2 – Зовнішній вигляд безконтактного датчика.

«Даний тип датчика здійснює безконтактні комутаційні перемикання при попаданні об'єкту в зону його чутливості (видимості). Відсутність будь-яких контактів між об'єктом і чутливим елементом проявляється у його високій надійності роботи. При наближенні до об'єкту в активній поверхні чутливого елемента проходить спрацювання вимикача. Комутаційний елемент здатний комутувати струми до 0,3 А». Безконтактний вимикач показано на рис.11.3.

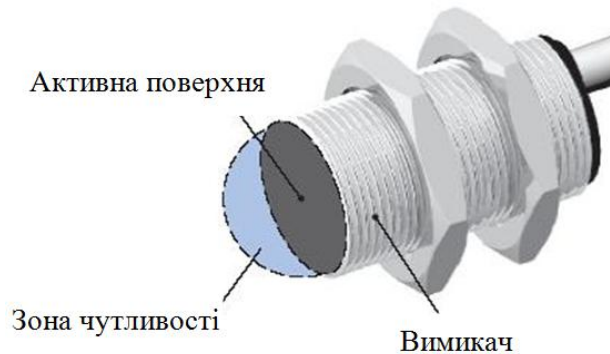


Рисунок 10.3 – Безконтактний вимикач.

Умовно функціональна схема безконтактного вимикача (рисунок 11.4) складається із трьох вузлів, а саме чутливого елемента, схеми перетворення та комутаційного елемента.

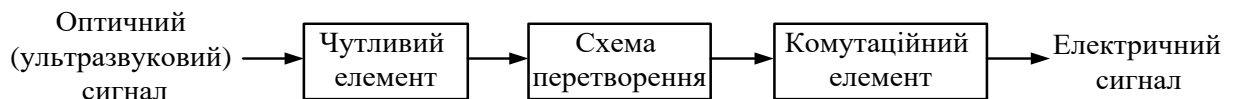


Рисунок 10.4 – Функціональна схема безконтактного вимикача

ектричну напругу інформує про перешкоду. Тут закладено принцип роботи ємнісного реле, в якому використовуються два коливальних контура, налаштовані на однакову частоту, тільки у одного з контурів до конденсатора під'єднана антена. Еталонний контур завжди працює на своїй частоті, а інший залежить від ємності, яку вносить об'єкт (перешкода), наближаючись до антени. Тобто, в контур введений змінний конденсатор, одна обкладка якого – датчик (смуга), а друга – заземлення (об'єкт). Чим ближче об'єкт, тим більша ємність конденсатора. Отже, металізована стрічка при живленні її напругою ± 12 В

створює електромагнітне поле навколо бампера авто і будь-яка перешкода, що з'явилась в зоні дії електромагнітної хвилі змінює опір цього поля, і в залежності від кількісної зміни, а саме від відстані, контролер подає звукові сигнали, які сигналізують про наявність перешкоди.

Як правило блок індикації чи зумер з мікроконтролером з'єднуються електрично шлейфами, прокладеними прихованими по днищу чи стелі авто.

Для полегшення монтажу у випадку самостійного встановлення парктроніку (не заводське виконання) можна використати безпроводні системи, які передають радіосигнал та з'єднуються по шинах, наприклад, типу CAN, LIN, BLUETOOTH та інші. Вони суттєво полегшують монтаж таких безпроводних систем. Мікроконтролер системи з електромагнітними датчи-ками показаний на рис.1.8.

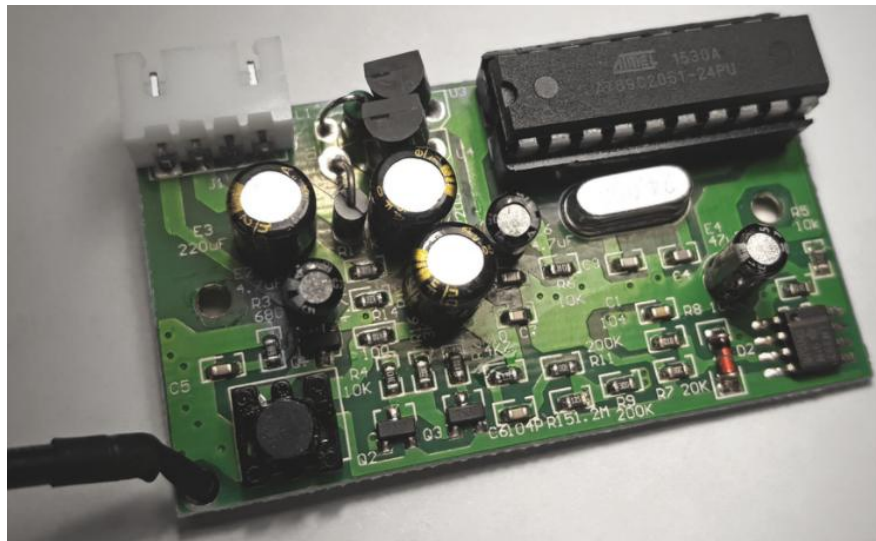


Рисунок 10.5 – Мікроконтролер системи з електромагнітними датчиками

«Ультразвукові датчики є ультразвуковими локаторами. Для передачі і прийому ультразвукового сигналу використовуються спеціалізовані ультразвукові мікрофон і звуковипромінювач типу MA40S3R і MA40S3S, відповідно. Це пристрої на основі п'єзоелемента, що мають великий опір. Резонанс у них яскраво виражений на частоті близько 40 кГц.

Індуктивні датчики не мають механічного зносу, відсутні відмови, пов'язані зі станом контактів, відсутній брязкіт контактів і помилкові спрацьовування, характеризуються високою частотою перемикань до 3кГц та стійкі до механічних впливів.

Найпоширенішими на сьогодні є лазерні та ультразвукові далекоміри. Існує кілька способів вимірювання відстані за допомогою лазера: метод зсуву фаз, часопротітний метод.

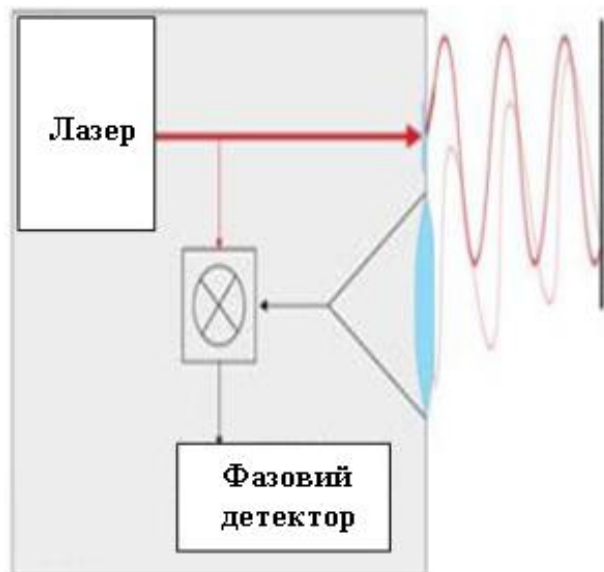
Метод зсуву фаз – це безконтактний метод вимірювання відстані, заснований на визначенні зсуву фаз випромінюваного і відбитого (розсіяного)

лазерного променя. Лазерний промінь з синусоїдально модульованою оптичною потужністю спрямовується на об'єкт, відстань до якого необхідно виміряти. Відбите дзеркально світло потрапляє на приймач, що знаходиться поруч з випромінювачем (рис.2.14, а), який фіксує зсув фази модуляції потужності лазерного променя в порівнянні з переданим світлом, за яким визначається відстань [2,3].

Зі збільшенням відстані зрушення фази починає періодично змінюватися, що обмежує використання даного методу вимірюванням відстаней порядку довжини хвилі випромінювання. Головною перевагою даного методу є його висока точність, яка буде збільшуватися зі збільшенням частоти модуляції потужності.

Часопролітні методи вимірювання відстані є одними з найпоширеніших і універсальних на сьогоднішній день [2]. В основі цього методу лежить пряма пропорційна залежність часу відгуку приймача на сигнал передавача від відстані до об'єкта, що відображає сигнал. Оптичні хвилі для визначення відстані до об'єкта часопролітним методом використовуються в пристроях, які називаються лідарами [5]. У лідара спрямований промінь світла від джерела випромінювання, в якості якого зазвичай використовують лазер, направляється на об'єкт, відбивається від нього і потрапляє на високочутливий напівпровідниковий приймач, який знаходиться в безпосередній близькості з випромінювачем (рис.2.14, б).

Даний метод дозволяє вимірювати великі відстані, але пред'являє високі вимоги до джерела випромінювання. Аналогічним чином працюють і активні інфрачервоні давачі.



а) метод зсуву фаз

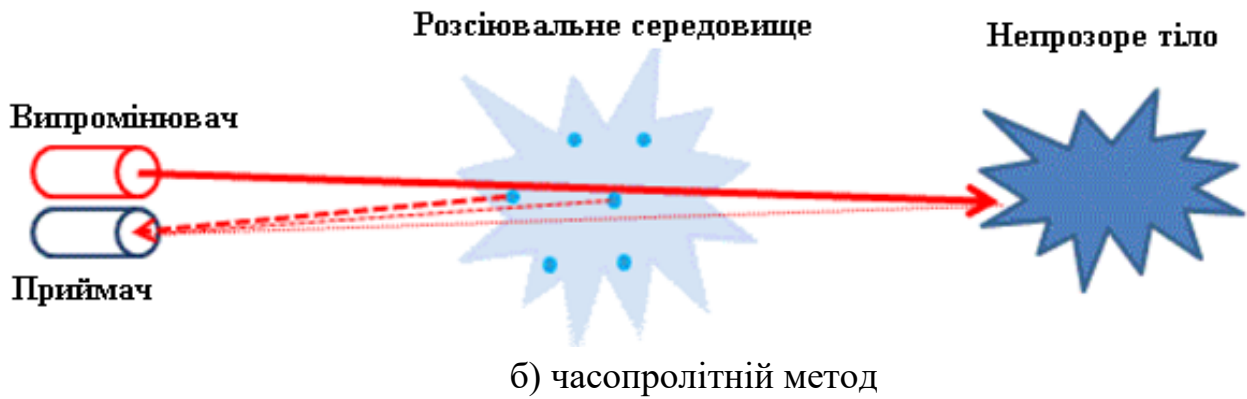


Рисунок 10.6 – Методи реалізації лазерних далекомірів

Всі лазерні далекоміри відрізняються високою роздільною здатністю, але мають вкрай високою ціною і складністю реалізації систем на їх основі, що значно знижує їх конкурентну здатність.

Ультразвукові (УЗ) давачі працюють на частоті понад 20 кГц, що знаходиться вище діапазону чутного людиною. Більшість УЗ давачів працюють в імпульсному режимі.

Існує два основних способи реалізації УЗ далекоміра [6]. Перший заснований на вимірюванні відстані до поверхні або об'єкта від транспортного засобу шляхом виявлення частини переданої енергії випромінювача, яка відбивається в сторону приймача. Отримана ультразвукова енергія перетворюється в електричну енергію. Ця енергія потім аналізується за допомогою електроніки.

Отже, давач вимірює час, витрачений хвилею на те, щоб досягти об'єкта, що спостерігається і, відбившись, повернутися до давача. Відстань до об'єкта (автомобіля) при цьому визначається за формулою:

$$L = V \cdot t / 2, \quad (2.17)$$

де V - швидкість УЗ в середовищі поширення (в даному випадку, повітря) з урахуванням умов зовнішнього середовища; t – час від моменту припинення подачі сигналу на випромінювач і до прийняття відбитого сигналу, с.

Як зазначалось вище, зміна температури, вологості, вітер можуть вносити похибки в відстань, яка виміряна УЗ далекоміром.

3.1 Різновиди паркувальних систем

Принцип дії паркувальних систем заснований на випромінюванні електричних сигналів, які приймаються після відбиття від перешкоди і обробляються цифровим пристроєм (наприклад, мікроконтролером). Виходячи з параметрів прийнятого сигналу розраховується відстань до перешкоди, після чого відповідні дані виводиться на блок індикації. Особливості конкретної принципової електричної схеми парктроніка можуть відрізнятися типом

використовуваних датчиків, кількості додаткових функцій, вартості паркувальної системи та ін. Основний принцип роботи при цьому залишається незмінним. Як випромінювачі і приймачі зазвичай використовуються одні й ті ж датчики [11, 13]. Найбільш поширений варіант – ультразвукові сонари, але застосовуються також інфрачервоні і електро-магнітні сенсори.

Функціональна схема парктроніка зображена на рис.3.1.

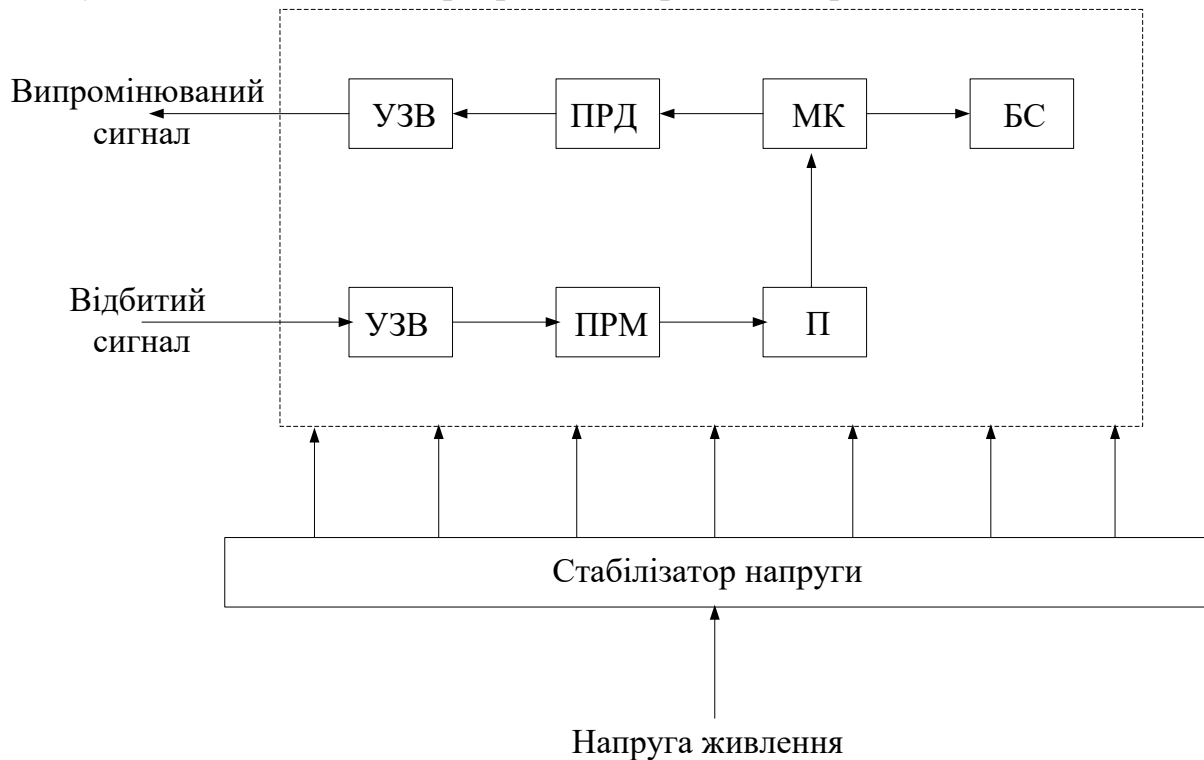


Рисунок 10.7 – Функціональна схема парктроніка

Управління роботою даної схеми здійснюється мікроконтролером МК. Мікроконтролер в певні моменти часу подає сигнали на передавач (ПРД), який включає сенсори (УЗД) на передачу. При наближенні до перешкоди відбиті від нього сигнали надходять на схему приймача (ПРМ), потім підсилюються підсилювачем (П) і надходять на мікроконтролер. Мікросхема МК аналізує параметри прийнятих сигналів, тобто величину часової затримки, після чого керує подальшою роботою передавача і блоку сигналізації (БС) [8].

Розглянемо основні варіанти побудови схем парктроніків. Їх є більше десятка, але основними, вартими уваги, є схеми на лічильнику-дільнику, схеми на інфрачервоному випромінюванні та наймасовіший випадок – це схеми на мікроконтролері.

Інфрачервоний випромінювач – це простий пристрій, який подає сигнали при наближенні до небажаних перешкод на шляху автомобіля. У датчика таких схем є два інфрачервоних сенсори, які можуть розташовуватись на різних елементах задньої частини автомобіля. Це парктронік з двома датчиками позаду

авто. Одним з таких місць крім бампера є задні ліхтарі у внутрішню частину яких монтуються сенсори.

Кожен сенсор складається з інфрачервоного світлодіода і оптичного інтегрального фотоприймача. Для світлодіода потрібно зробити точний по його діаметру отвір, і вклеїти його в фотоприймач, так щоб його поверхня, що світить виступала назовні. Таким чином, фотоприймач і світлодіод розташовані в різних площинах, але спрямовані в одну сторону – назовні. При цьому прямого безпосереднього оптичного зв'язку між ними немає, тобто, світло від ІЧ-світлодіода не може безпосередньо потрапляти на фотоприймач, але відбитий пучок світла потрапляти може [8, 11].

В цьому і покладена суть роботи такого сенсора. Швидкість його спрацювання при наближенні до перешкоди оцінюється на основі порогової чутливості фотоприймача. У фотоприймачах обов'язковим елементом є компаратор, що формує логічні імпульси. Для встановлення дальності використовується регулювання струму через інфрачервоний світлодіод, тобто, регулювання його яскравості. Найбільша яскравість буде сигналізувати про велику відстань до перешкоди і навпаки. Регулювання здійснюється підлаштуванням резисторів R1 та R2 в процесі налагодження датчика.

На схемі рис.3.2 HF1 і HF2 – це фотоприймачі. Інфрачервоні світлодіоди – HL1 і HL2, індикаторні – HL3 і HL4. На мікросхемі D1 виконаний генератор імпульсів частоти близько 36 кГц (робоча частота задається електричними колом R8-C4). Елементи D1.1 і D1.2 є мультівібратором, а решта чотири елементи, включених попарно утворюють два вихідних буферних каскади підвищеної потужності. Для управління ІЧ-світлодіодами транзистори тут не використовуються. Струм через світлодіоди обмежений резисторами R1, R3 і R2, R4.

При номінальному струмі через інфрачервоний світлодіод розпізнавана дальність на перешкоду становила б більше 10 метрів. Нам же потрібно орієнтовно декілька метрів.

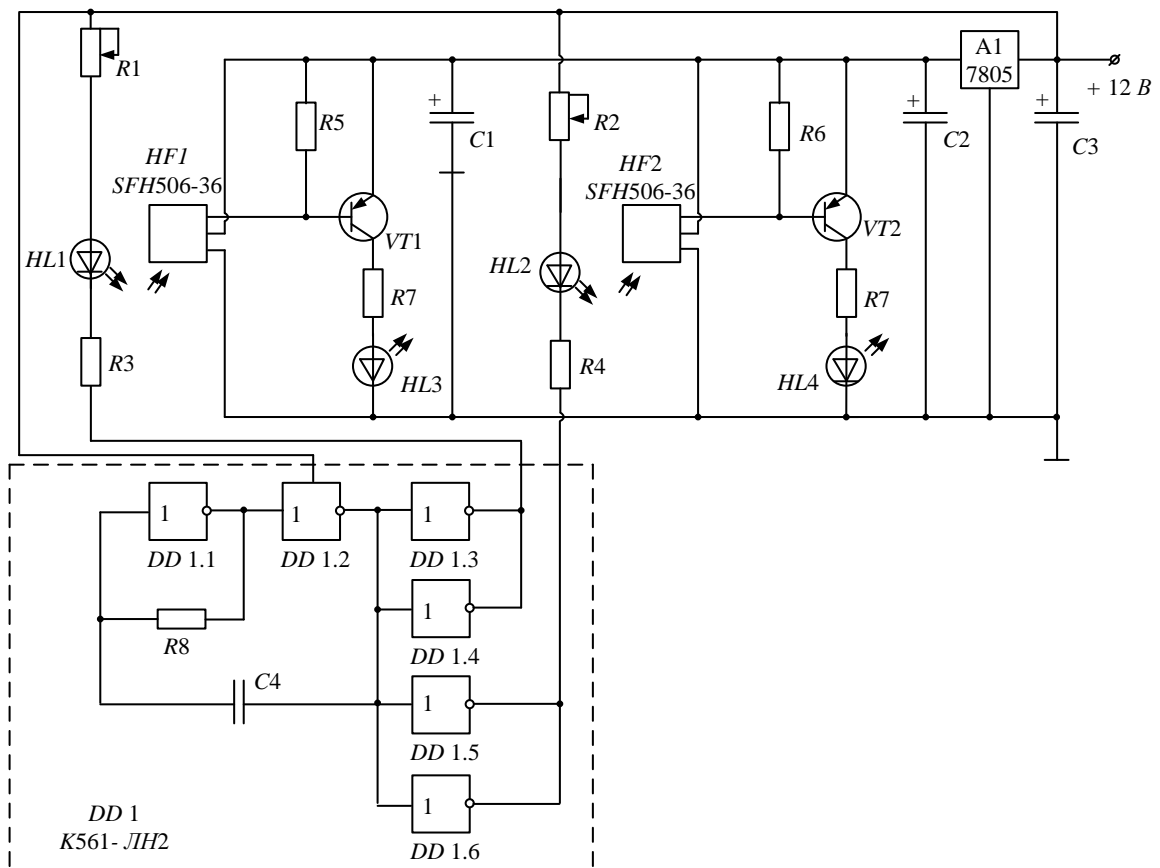


Рисунок 10.8 – Схема парктроніка на двох інфрачервоних випромінювачах

Поки перешкода відсутня або знаходиться за межами порога чутливості світло від ІЧ-світлодіодів не надходить на відповідні фотоприймачі. Тому на виходах HF1 і HF2 логічні одиниці. Транзистори VT1 і VT2 закриті, струм через індикаторні світлодіоди HL3 і HL4 не протікає (не світять).

При наближенні до перешкоди сила відбитого ІЧ-світлового пучка, що потрапляє на фотоприймачі, зростає. У деякий момент часу ця сила перевищує поріг чутливості фотоприймача.

У цей момент логічний стан виходу фотоприймача змінюється на протилежний і ключовий транзистор VT1 відкривається, включаючи індикаторний світлодіод.

Датчики показують своїми відповідними світлодіодами, яка сторона авто розташована ближче до перешкоди. Один датчик, розташований посередині авто не може дати повної інформації. Адже, більшість дрібних аварій на парковці відбувається саме дотиком кутових зон бамперів, тому що при парковці машини в обмеженому просторі слід рухатися під різними кутами, в'їжджаючи на вибране місце парковки під кутом, і вирівнюючи в машину в декілька заїздів.

Тобто, датчик розташований посередині авто реагує точно тільки відстань при перпендикулярному прямолінійному русі, і не реагує на зміну до перешкоди при русі під кутом до неї. Датчик з двома сенсорами, розташованими по краях задньої площини бампера машини дає більше інформації.

Схема з одним датчиком по центру задньої частини авто показана на рис.3.3. Тут компоненти R2, R4, HL2, HF2, R6, VT2, R7, HL4 на відміну від рис.3.3 відсутні. Свічення світлодіода HL3 сигналізуватиме про наближення до перешкоди.

Пристрій підключається до замку запалювання автомобіля. Низький струм споживання такого пристрою дає змогу використовувати його і як елемент охоронної сигналізації автомобіля, яка реагує на дотик до припаркованого авто.

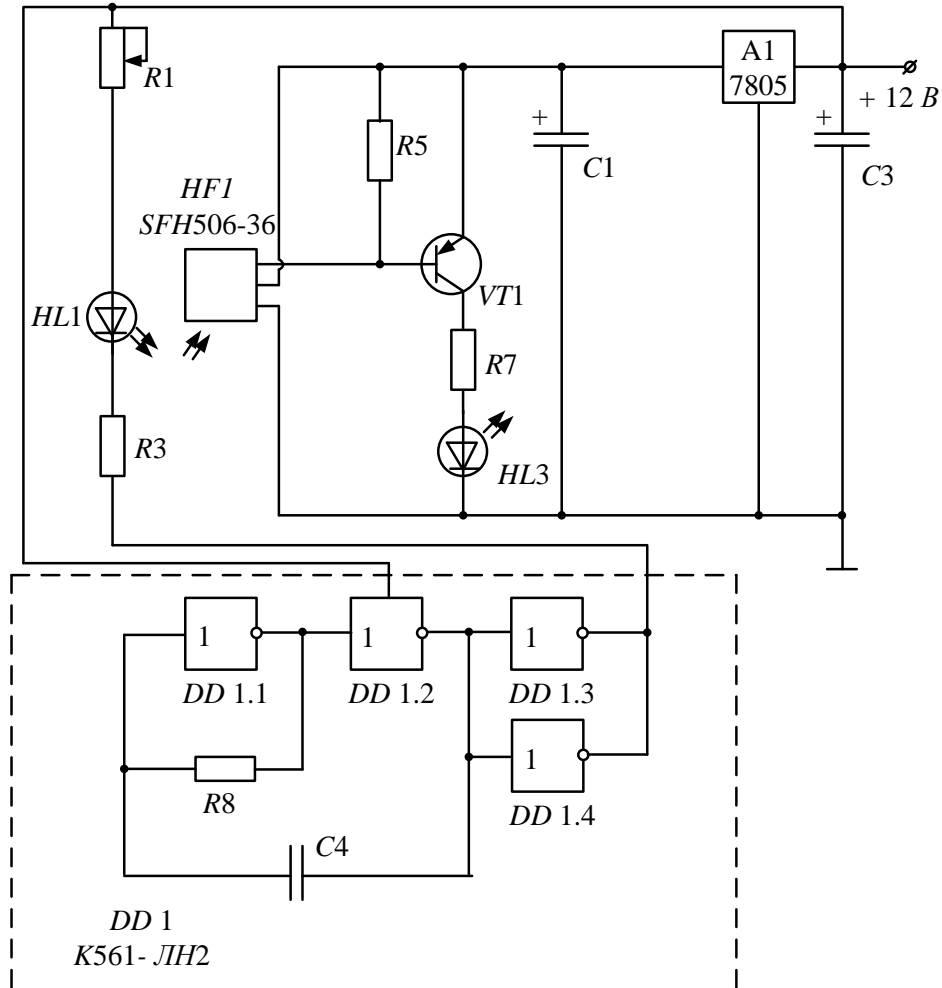


Рисунок 10.9 – Схема парктроніка на одному інфрачервоному випромінювачі

Тут в якості світлодіодів можна використати вітчизняні типу АЛ147А або імпорнтні. Фотоприймачі рекомендується вибирати типу SFH506-36 або інші аналогічні, але обов'язково однакові.

Мікросхему K561ЛH2 можна замінити аналогом іншої КМОП-серії з шістьма інверторами. Можна використовувати і мікросхеми з чотирма інверторами, такі як K561ЛЕ5, K561ЛА7 [11].

Розглянемо приклад принципової електричної схеми парктроніка, що може бути зібрана на десятковому лічильнику-дільнику з використанням мікросхеми K561IE8 і зображена на рис.3.4.

Як датчики використовуються два різних пристрої – ультразвуковий випромінювач (TX, MA40S4S) і приймач (RX, MA40S4R). Генератор ультразвукових імпульсів зібраний на мікросхемі MC K561ТЛ. Тут DD1.5 відіграє роль вихідного буфера, DD1.6 – підсилювача вихідного сигналу, а DD1.4 – безпосередньо генератора. Генеруюча частота схеми становить приблизно 40 кГц, причому цей показник можна підлаштувати за допомогою резистора R14. Парктронік живиться від мережі 12 В. Рекомендується брати живлення від лампи заднього ходу або використовувати альтернативні варіанти при підключенні передніх датчиків.

Стабілізатор вхідної напруги виконаний на елементі DA1. У момент скидання десяткового лічильника на виході Q0 формується керуючий електричний імпульс, що запускає роботу випромінювача TX на передачу. Решта виходів K561IE8 задіяні для індикації відстані від перешкоди. Відбитий сигнал після детектування на RX посилюється каскадом VT1-VT4 і перемикає тригер DD1.1 і DD1.2. Тим самим робота лічильника тимчасово зупиняється. Вмикається один з світлодіодів, що сигналізує про відстань до перешкоди. Ввімкнення світлодіоду HL9 говорить про максимальну дистанції до перешкоди, а HL1 – про мінімальну. Одночасно з діодом HL1 включається звукова сигналізація на зумері BF.

Описана принципова схема передбачає можливість ручного регулювання ряду параметрів. Потенціометром R14 налаштовується чутливість пристрою. Іншими словами на мікросхемі тригера Шмітта DD 1.4 виконано генератор імпульсів. Його частота підбирається при регулюванні підлаштування опором R14 в залежності від величини ємності конденсатора C12 і параметрів випромінювача ультразвукових коливань. Інвертор DD1.5 використаний для підвищення стабільності роботи генератора, що задає, а DD1.6 – для отримання протифазного сигналу. Це необхідно для збільшення амплітуди змінної імпульсної напруги, що подається на випромінювач при досить низькій напрузі живлення мікросхем (9 В). На транзисторах VT1...VT4 виконаний імпульсний підсилювач сигналів [11,13].

При наявності сигналів на його вході з'являється змінний сигнал і на його виході – на резисторі R11. Це призведе до блокування лічильника мікросхеми DD 2 типу CD4017.

На мікросхемі DD 1.3 виконаний тактовий генератор часових інтервалів. Його сигнали подаються на вхід CLK (пін 14 контролера DD2). Сигнали з виходу D00 (вивід 3) керують роботою генератора на мікросхемі DD1.4. Нульовий потенціал виходу D00 через діод VD2 блокує роботу генератора, а одиничний – дозволяє. Імпульси на вході CLK DD2 призводять до почергового переключення світлодіодів HL1...HL9. Так відбувається до моменту надходження на вхід схеми сигналів приймача. З їх надходженням подальша робота лічильника-дешифратора DD 2 припиняється. Він блокується і відповідно, блокується і перемикає світлодіодів. Робота схеми відновиться через деякий час після зміни стану заряду конденсатора C11.

Під час налаштування зібраної схеми підлаштування опором R4 підбирається частота збудження ультразвукового випромінювача поблизу 40 кГц, а опором R3 задається розмах робочого діапазону допустимих відстаней від локатора автомобіля до перешкод.

Принципова схема зібрана на мікроконтролері, зібраному на мікросхемі CD4052 і показана на рис.3.5. DA1 – це стабілізатор напруги 7805, що забезпечує живлення +5 В. На транзисторах VT1-VT3 зібраний резонансний підсилювач. Застосовуються по чотири ультразвукових випромінювача і приймача (BQ). Як часозадавальна ланка використовується схема на кварцовому генераторі ZQ1 (8 МГц) і конденсаторах C3, C4. Ультразвукові випромінювачі підключені до портів контролера. На входи випромінювачів подаються пакети імпульсів тривалістю 1 мс з збуджуючою напругою амплітудою 10 В [8].

Відбиті ультразвукові хвилі приймаються приймачами BQ1, BQ5-7, ввімкненими до вхідного кола трикаскадного підсилювача на транзисторах KT3102. З виходу підсилювача сигнал подається на вхід P32 контролера, тобто на неінвертуючий вхід компаратора. З дільника R1-R3 на інверсний вхід P33 подається еталонна напруга +2,7 В. Додатковий захист від перешкод забезпечує обмежувальний діод VD1 з конденсатором C1. Для обмеження миттєвих значень прийнятого імпульсу рівнями 0 і 5 В використовуються діоди VD2 і VD3.

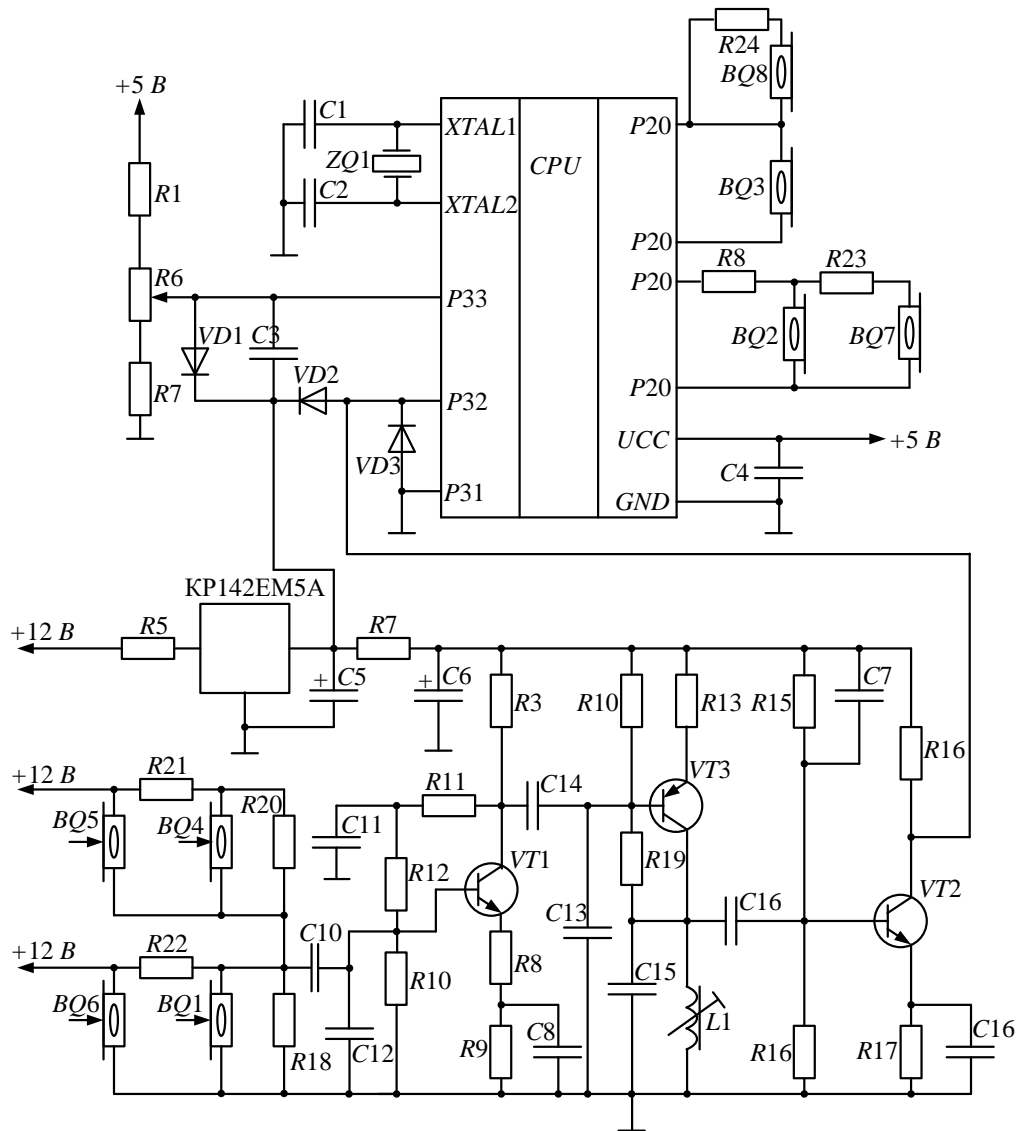


Рисунок 10.11 – Принципова електрична схема парктроніка на контролері

Принципова електрична схема даного паркувального радара підключається до лампи заднього ходу автомобіля, лівого і правого поворотного вказівника. Це забезпечує запуск системи в разі включення задньої передачі або початку перестроювання (повороту).

Мікросхема DA1 перетворює 12 В в напругу живлення + 5 В і стабілізує її. На резисторі R6 і конденсаторах C2, C8 і C13 зібраний фільтр для усунення завад. На резисторах R1 і R5 реалізовано дільник напруги 2,7 В. Після включення паркувального радара керуюча мікросхема запускає роботу випромінювачів. При появі в зоні дії системи перешкоди відбувається відображення ультразвуку і повернення його до приймача. Мікроконтролер за часом затримки розраховує відстань до перешкоди і формує відповідні попереджувальні сигнали: часті при відстані до перешкоди менше 1 метра і рідкі на дистанціях 1-2 метра.

Мікросхеми CD4052 (K561КП1) – це мультиплексор, що містить вісім каналів комутації – цифрові і аналогові сигнали. Мультиплексор має два виводи живлення: додатня подається на вивід 16, на вивід 7 може бути подана від’ємна

напруга. Мультиплексори серії K561 можуть перемикати будь аналогові або цифрові сигнали, але за однієї умови – амплітуда цих сигналів не повинна виходити за межі напруги живлення. Тобто, якщо живити мікросхему тільки додатньою напругою, то і сигнал, який вона комутує повинен бути додатнім [8, 11,13].

Після випромінювання пакета тривалістю 1 мс контролер переводить схему в режим очікування, робота передавачів зупиняється. Якщо через 60 мс приймачами не була прийнята відбита хвиля, радар знову запускається на передачу. Параметри використовуваних ультразвукових датчиків представлені в табл. 3.1 і на рис.3.6.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики

Швидкість роботи парктроніка	0,12 сек.
Номінальна напруга	12 В
Діапазон робочих напруг	(10,5...14) В
Споживаний струм, не більше	70 мА
Діапазон виявлення перешкоди	(0,3...3) м
Частота ультразвуку	36 кГц
Діапазон робочих температур	(-30...+40) °С
Діаметр датчиків	16 мм

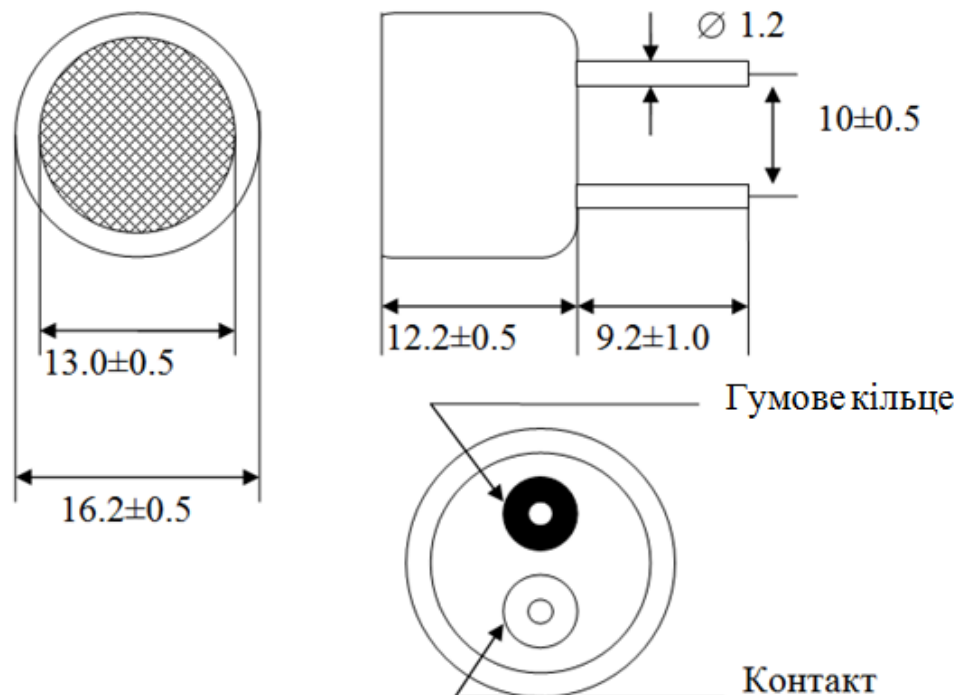


Рисунок 10.12 – Геометричні розміри датчика

Таблиця 3.2 – Електрозвукові характеристики приймача-передавача T(R)40-16

Параметр		Символ	Умови	Значення	Од. виміру
Передавач T40-16	Частота	f_c	-	$40,0 \pm 1$	кГц
	SPL	P	$F = 40$ кГц	120	дБ
	Послаблення SPL	ΔP	$T = -30 \dots +40^\circ\text{C}$	-10	дБ
	Смуга частот	$\Delta \lambda$	$P = 120$ дБ, $f = 40$ кГц	5	кГц
Приймач R40-16	Частота	f_c	-	$40,0 \pm 1$	кГц
	Чутливість	S	$f = 40$ кГц	-59	дБ/В/мкб ар
	Смуга частот	$\Delta \lambda$	$f = 40$ кГц	5,0	кГц
	Ємність	C_s	-	2100	рF

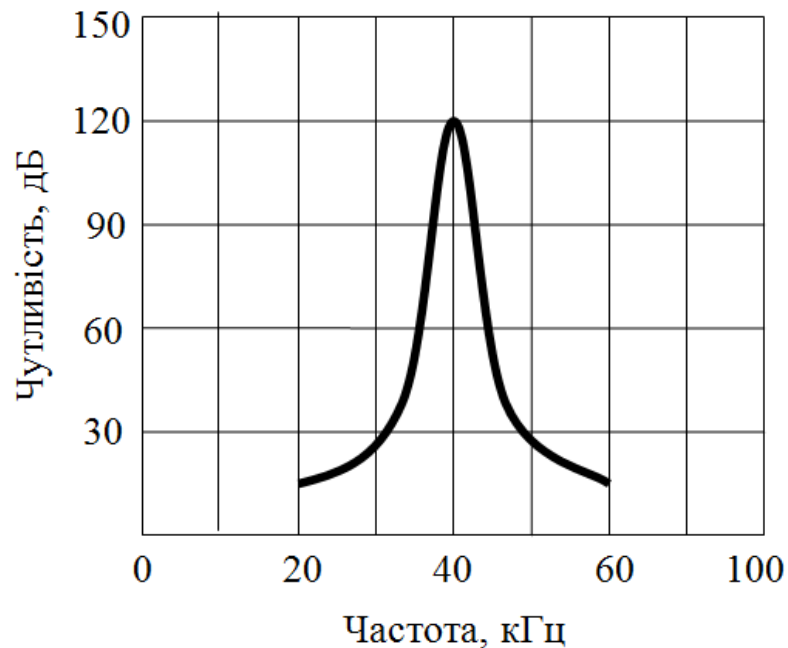


Рисунок 10.13 – Залежність чутливості від частоти для T(R)40-16.

Як видно з рис.10.13 максимальна чутливість датчика спостерігається на частоті 40 кГц, що є саме оптимальною для їх роботи.

Лабораторна установка та аналіз роботи системи

Система паркування Vaxster складається з системного блоку, світлодіодного індикатора (дисплея) із зумером та комплекту датчиків (сенсорів). Датчики випромінюють ультразвуковий сигнал, що відбивається від перешкоди і надходить назад до системи, обробляється і визначається точна відстань до перешкоди.

Система активується автоматично одразу після ввімкнення задньої передачі. В моделях на 8 датчиків при ввімкненні задньої передачі активуються лише 4 задніх сенсори. Передні активуються тільки під час руху авто вперед після натискання педалі гальм і деактивуються через 10 сек. Це значно спрощує рух в режимі міського затору.

Система паркування не буде працювати, якщо авто рухається на нейтральній передачі або накатом. Передні сенсори також не спрацюють, якщо не буде натиснута педаль гальм.

Після обробки сигналу інформація про відстань до перешкоди відображається на світлодіодному індикаторі та дублюється за допомогою звукового сигналу (зумера). Частота зумера залежить від відстані до перешкоди: чим ближче перешкода, тим частота сигналу сповіщення зумера вища. Інколи система може не відображати в повній мірі ситуації позаду авто. Деякі предмети та матеріали здатні частково або навіть повністю поглинати ультразвуковий сигнал, тому відстань виявлення перешкоди для різних перешкод може бути різною.

Інформація про відстань також може бути хибною, якщо датчики вкриті шаром бруду, снігу або льоду. Тому необхідно завжди дотримуватись чистоти їх поверхні.

У табл. 3.3, 3.4 показано діаграми відображення дистанції при русі назад та вперед.

Таблиця 3.3 – Характеристики відображення дистанції при русі вперед

Дія	Відстань L до перешкоди	Індикація (колір)	Звукова індикація
Ввімкнена передача R	$> 1,5$ м	зелений	відсутній
Безпечна відстань	1,0 м...1,5 м	зелений	- - - -
Потрібно зменшити швидкість	0,6 м...1,0 м	жовтий	- - - -
Потрібно припинити рух	0,4 м...0,6 м	червоний	- - - -
Небезпека зіткнення	0,3	червоний	----

Таблиця 3.4 – Характеристики відображення дистанції при русі вперед

Дія	Відстань L до перешкоди	Індикація (колір)	Звукова індикація
Безпечна відстань	$> 0,8$ м	зелений	відсутня
Потрібно зменшити швидкість	0,6 м...0,8 м	жовтий	- - - -
Потрібно припинити рух	0,4 м...0,5 м	червоний	- - - -
Небезпека зіткнення	0,3	червоний	----

На рис.3.8 показано загальний вигляд плати парктроніку BAXSTER.

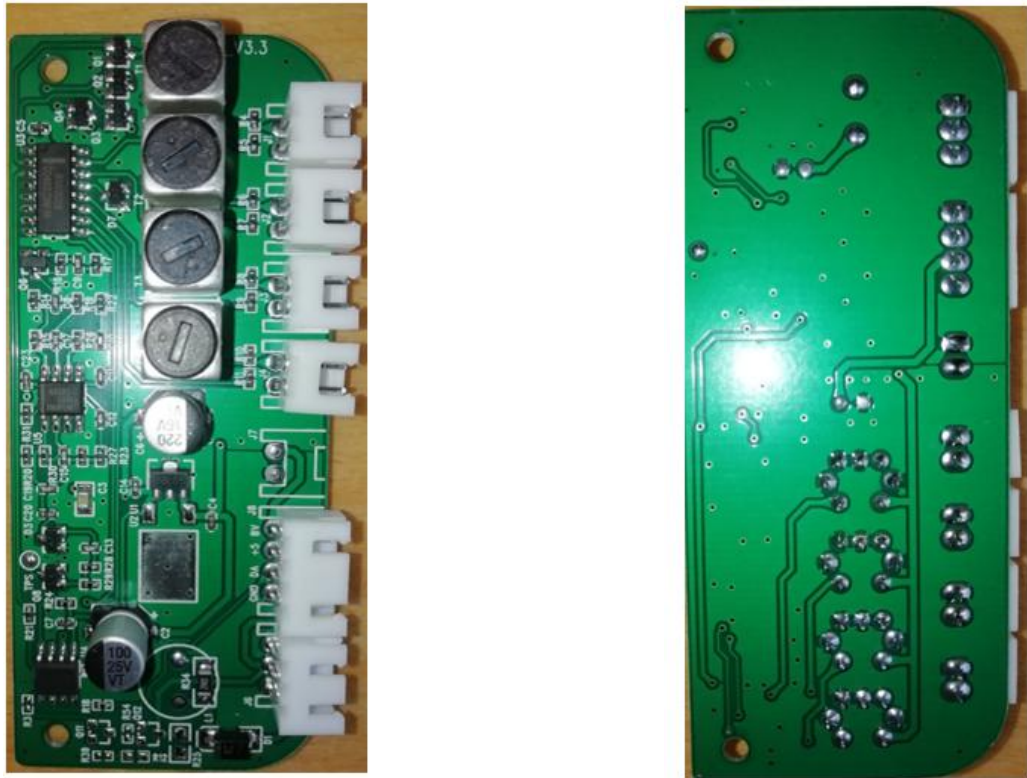


Рисунок 10.8 – Загальний вигляд електричної плати.

На рис.10.9 показано монтажну плату парктроніку BAXSTER.

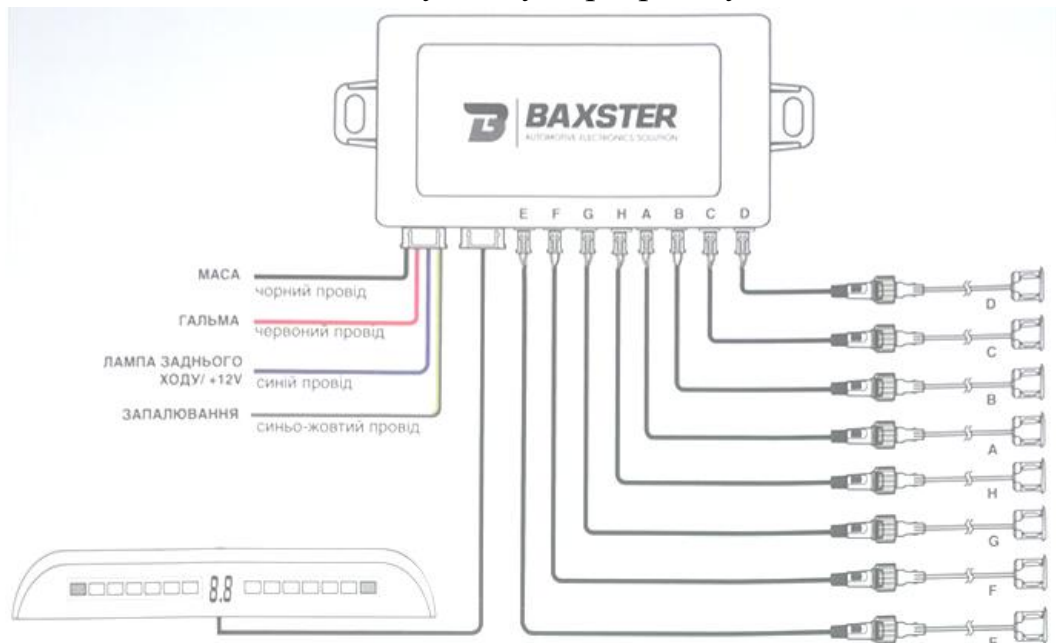


Рисунок 10.9 – Монтажна схема підключення датчиків

Для перевірки правильності установки слід поставити авто на ручне гальмо, натиснути педаль гальма і ввімкнути задню передачу. Не заводячи двигун повернути ключ запалювання в положення «ввімкнено». Загоряються лампи заднього ходу, активуються датчики і ввімкнеться дисплей системи паркування.

Можливі несправності системи:

- неправильно підключений датчик або під кутом, або на невідповідній висоті;
- провід не підключений до блоку керування або штекер не повністю вставлений у гніздо;
- блок керування не підключений до лампи заднього ходу;
- вимкнене запалення двигуна або не ввімкнена задня передача.

Слід зауважити, що система або датчики не реагують на деякі предмети, наприклад горизонтальні труба чи шлагбаум, розташовані на висоті 70 см і вище, кучугура снігу, вкрита шаром льоду, перешкода під бампером, сильний дощ, хутро та інше.

Електричні параметри системи:

Вхідна напруга: DC ($\pm 10 \dots 15$) В;

Діапазон робочих температур: $-30 \dots +70$ °С;

Частота роботи ультразвукового датчика: 40 кГц;

Гучність динаміка: 80 Дб;

Можливість вимкнення звукової індикації;

Радіус дії датчиків: 0,3...2,5 м;

Висота встановлення датчиків: 45-55 см;

Діаметр датчика: 18 мм.

При написанні дипломної роботи було змонтовано лабораторну установку на основі каркасу авто з системою паркування BAXSTER. Зовнішній вигляд установки показано на рис. 3.10.



Рисунок 10.10 – Зовнішній вигляд установки

Експериментально було знято осцилограми цифровим осцилографом на виході з контролера при зміні відстані від датчика установки до перешкоди. Як показують спостереження установка готова до роботи, тобто видає звукові сигнали, які збільшують свою частоту при наближенні до перешкоди, а також контролер фіксує правильну відстань на табло.

Хід роботи

Завдання 1 – Визначення типу системи

1. Оглянути лабораторну установку
2. Визначити – кількість датчиків, їх розташування, наявність камери.
3. Записати тип системи – звукова, комбінована, автоматична.

Завдання 2 – Дослідження залежності сигналу від відстані

1. Розмістити перешкоду позаду автомобіля.
2. Повільно наближатися до неї.
3. Зафіксувати відстані, при яких змінюється частота сигналу.

Приклад:

- перший сигнал – ~ 1.5 м
- частіший сигнал – ~ 1.0 м
- швидкий сигнал – ~ 0.5 м
- безперервний – $\sim 0.2-0.3$ м

Завдання 3 – Вплив форми та матеріалу перешкоди

1. Повторити вимірювання для різних об'єктів – коробка, стіна, людина.
2. Порівняти результати.
3. Зробити висновок про точність.

Завдання 4 – Аналіз похибок

Визначити причини можливих відхилень:

- кут датчика
- забруднення
- погодні умови
- форма перешкоди
- “мертві зони”

Таблиця вимірювань

№	Тип перешкоди	Відстань першого сигналу, м	Безперервний сигнал, м	Примітка
1	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____

Інформаційні джерела

1. Артюх О. М., Дударенко О. В., Кузьмін В. В., Сосик А. Ю., Щербина А. В. Електронні системи керування транспортними засобами: навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізька політехніка, 2021. 556 с.
2. Мигаль В.Д., Шевченко І.О. Інтелектуальні системи тракторів і автомобілів, сервісний супровід: навчальний наочний посібник / В.Д. Мигаль, І.О. Шевченко, Харків, ДБТУ, Видавництво «Майдан», 2025. – 208 с.
3. Технічне обслуговування автомобілів Tesla на автосервісі <https://www.automaster.net.ua/artykuly/tehnichne-obslugovuvannya-avtomobiliv-tesla-na-avtoservisi,55023> (дата звернення 11.04.2025р.)
4. Діагностика і обслуговування електронних систем автомобіля. Методичні вказівки до лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за о спеціальності 274 – «Автомобільний транспорт» освітньо-професійної програми «Автомобільний транспорт» / Укл. Завертанний Б.С., Пасов Г.В. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2024. – 43 с.
5. Denton Tom. Advanced Automotive Fault Diagnosis: Automotive Technology: Vehicle Maintenance and Repair 5th edition. Routledge, 2021. 412 p.
6. Denton T., Pells H., Pells G. Automated Driving and Driver Assistance Systems. 2nd ed. Abingdon, Oxon; New York: Routledge, 2025. 190 p.

E50

Електричне та електронне обладнання автомобілів. Методичні вказівки до лабораторних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Автомобільна електроніка» галузі знань 17 (G) Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 171 (G5) Електроніка (Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. С. О. Приступа, Луцьк: ЛНТУ, 2026. 100 с.

Друкується в авторській редакції

Підп. до друку “_____” _____ 2026 р.

Формат 60x84/16.

Папір офс. Гарн. Таймс.

Ум. друк. арк. __. Обл.-вид. арк. __.

Тираж __ прим. Зам. _____.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП Луцького НТУ