

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «Підвищення ефективності ремонту автомобільних  
генераторів шляхом розробки пристосування для їх  
розбирання»

Виконав: студент групи Ат-41

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Олександр СОПЕЦЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник: \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024





Сопець Олександр Олегович. «Підвищення ефективності ремонту автомобільних генераторів шляхом розробки пристосування для їх розбирання». Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 62 с.

Табл. 8; рис. 17; бібліогр. джерел 19.

У роботі здійснено аналіз будови та принципів роботи електронних бортових систем автомобіля та конструкцій джерел струму - генераторних установок перемінного струму, акумуляторних батарей постійного струму та електричних бортових систем автомобілів.

Наведено алгоритм та методику діагностики автомобільного генератора та його елементів. Здійснено випробування генератора під час вибігу автомобіля в двох режимах - без навантаження та з навантаженням 220 Вт. На основі отриманих встановлено, що без навантаження генератор забезпечує бортову мережу автомобіля напругою 14,28 В, тоді як під навантаженням від споживачів відбувається значне зниження напруги до 13,25 В. На основі цього можемо зробити висновок, що за умови використання більшої кількості додаткових споживачів і систем необхідне встановлення генератора більшої потужності.

Проведено економічне обґрунтування діяльності дільниці з обслуговування автомобілів, зокрема дільниць. Доведено, що після розширення фронту робіт річний економічний ефект становитиме 377763 грн., а термін окупності - 0,2 роки.

## З М І С Т

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАНЬ І ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Основні відомості про системи електропостачання автомобілів.....	9
1.2 Загальна будова та особливі функції автомобільних акумуляторів.....	10
1.3 Загальна будова та особливі функції автомобільних генераторів.....	13
Висновки за розділом.....	18
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ГЕНЕРАТОРІВ ЗМІННОГО СТРУМУ.....	19
2.1 Основні дані технічної характеристики генераторів.....	19
2.2 Електронні характеристики автомобільних генераторів .....	22
2.3 Теоретичне аналізування процесу самозбудження генератора .....	24
Висновки за розділом.....	30
3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	31
3.1 Технічна карта генератора.....	31
3.2 Випробування генератора під час вибігу автомобіля .....	35
3.3 Розробка пристрою для зняття кришок генератора .....	42
Висновки за розділом.....	46
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ .....	47
4.1 Аналіз небезпечних ситуацій під час технічного обслуговування генераторів .....	47
4.2 Проектування системи вентиляції та освітлення ремонтної дільниці для обслуговування генераторів.....	48
Висновки за розділом.....	50
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	51
5.1 Техніко-економічне обґрунтування дільниці з сервісного обслуговування автомобілів .....	51

5.2 Економічне обґрунтування основних та виробничих фондів.....	52
5.3 Визначення змінних затрат на обслуговування автомобілів.....	54
5.4 Розрахунок загальної собівартості робіт.....	55
Висновки за розділом.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

## ВСТУП

В автомобільній індустрії широко використовується різноманітне обладнання з різних галузей науки та техніки. Це обладнання, що включає в себе електротехнічні, електромеханічні, електронні та світлотехнічні пристрої, об'єднується у єдиний комплекс елементів, який називається електронними системами автомобіля.

Пристрої, що складають електронні системи, можна розділити на дві основні функціональні групи: джерела електричної енергії та споживачі. Джерела електричного струму несуть завдання забезпечувати автомобільні споживачі необхідною кількістю електричної енергії у різних умовах експлуатації. Споживачі електричної енергії, у свою чергу, виконують різноманітні функції, відповідно до конструкції автомобіля та потреб водія. Наприклад, у деяких типах двигунів електрична енергія використовується для запалювання робочої суміші у циліндрах, пуску двигуна, освітлення шляху руху автомобіля та передачі інформації водієві та іншим учасникам дорожнього руху (за допомогою світлових та звукових сигналів), а також для контролю роботи різних вузлів, агрегатів та автомобіля в цілому. Важливо зауважити, що це лише деякі з функцій, які виконуються або можуть бути виконані за допомогою електрообладнання.

Різноманіття функцій, які виконують електронні системи автомобіля, вимагає суттєвих змін у підходах до їх проектування та експлуатації. Сучасні електронні системи розглядаються як комплекс різноманітних підсистем, кожна з яких має своє призначення та взаємозв'язок з іншими системами автомобіля. Підсистеми об'єднують в себе пристрої, які беруть участь у виконанні конкретних функцій, і забезпечують взаємозв'язок між ними. За такого підходу можна показати наступні основні електричні системи автомобіля:

- систему електропостачання;
- систему освітлення;
- інформаційно-діагностичну систему;

- систему пуску;
- систему сигналізації;
- систему допоміжного електроустаткування;
- систему запалювання;
- системи автоматичного керування агрегатами автомобіля.

У внутрішній електричній мережі автомобіля використовується сталий струм при напрузі 12 або 24 вольти. Перевагу напрузі 24 вольти надають у випадках, коли система запуску двигуна не може забезпечити необхідну потужність за 12 вольтів. Іноді застосовують комбіновані системи, які можуть перемикає напругу з 12 на 24 вольти. У таких системах стартер підключений до ланцюга з напругою 24 вольти, тоді як інші споживачі працюють на напрузі 12 вольтів.

Зі зростанням кількості споживачів електричного обладнання в автомобілях постійно відбуваються поступові поліпшення у різних напрямках. Нові пристрої з'являються на світ, сприяючи підвищенню комфорту та робочих умов водіїв, підвищенню безпеки на дорозі та економії пального, а також зменшенню впливу на навколишнє середовище. Рівень технічних електричних компонентів постійно підвищується завдяки чому впровадженню нових матеріалів і вдосконаленню конструкцій. Електронні прибори, в яких використовуються передові досягнення електроніки та інформаційних систем, дуже активно запроваджуються для досягнення цих цілей.

Електрообладнання сучасного автомобіля виступає як важлива самостійна або другорядна складова багатьох систем автомобіля, що в кінцевому результаті впливає на його продуктивність та довговічність. Для забезпечення довговічної роботи електрообладнання необхідно мати глибокі знання щодо структури та принципів роботи окремих елементів і систем електрообладнання в цілому автомобілі, вміти здійснювати технічне обслуговування, включаючи володіння основними методиками для виявлення несправностей.



## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАНЬ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1 Основні відомості про системи електропостачань автомобілів

Постійне виробництво електричної енергії забезпечує система електропостачання в автомобілях та її подачу до споживачів. Передача електроенергії здійснюється через бортову електричну мережу, яка включає провідникову, захисну, розподільну і комутаційну апаратуру. Виробництво електроенергії в автомобілі забезпечується генераторними установками та акумуляторними батареями, які працюють разом і підтримують стабільну напругу в бортовій мережі автомобіля – 12 або 24 В.

Від навантаження (сили струму  $I_T$ ) та частоти обертання ( $n$ ) залежить напруга на виході генератора ( $U_T$ ). Також в бортовій мережі автомобіля використовується регулятор напруги для забезпечення стабільної напруги в бортовій системі. Цей регулятор регулює струм у збуджувальній обмотці генератора ( $I_B$ ), щоб дотримувати необхідний рівень напруги. Два джерела енергії забезпечують усі потреби у електроенергії всіх споживачів, що вмонтовані в автомобілі.

Основним джерелом електропостачання є генератор змінного струму, який видає електроенергію за допомогою поліклинового ремня, що приводиться в рух від колінчастого валу двигуна. Ці генератори працюють лише при запущеному двигуні внутрішнього згорання та повиненні обертатись з необхідною швидкістю. Однак для забезпечення електроенергією бортової електричної системи автомобіля також є електричний акумулятор, який виконує наступні функції:

- забезпечує електроживлення всіх приладів і систем автомобіля, що повинні працювати навіть при зупиненому та не працюючому двигуні (наприклад, аварійні світлові сигнали);

- запуску двигуна внутрішнього згорання, що забезпечує прокрутку генератора змінного струму та передачу електроенергії до всіх споживачів електроенергії.

## **1.2 Загальна будова та особливі функції автомобільних акумуляторів**

Акумуляторна батарея є зворотнім електрохімічним джерелом електроенергії, і її функція полягає в усміренні, збереженні та віддачі електричної енергії. Кожен етап її функціонування залежить від хімічних реакцій, які відбуваються всередині неї.

У зарядженій акумуляторній батареї основними речовинами є двооксид свинцю ( $PbO_2$ ) на позитивному електроді та губчастий свинець ( $Pb$ ) на негативному електроді. До складу електроліту входить водний розчин сірчаної кислоти ( $H_2SO_4$ ) у концентрації 37%.

Під час того як акумулятор розряджається активні речовини перетворюються у сульфат свинцю ( $PbSO_4$ ) та воду. Під час зарядки акумулятора відбувається навпаки перетворення, і в кінці заряду щільність електроліту остається незмінною, що свідчить про завершення процесів перетворення рідин на електродах.

За побудовою акумуляторні батареї можуть бути класифіковані на три категорії:

- необслуговувані;
- традиційні (обслуговувані);
- малообслуговувані.

В більшості автомобілів використовуються свинцево-кислотні акумуляторні батареї, які складаються з шести банок, що послідовно з'єднані і закриті в окремих камерах у межах корпусу акумуляторної батареї. Кожна комірка має електрорушійну силу в діапазоні від 2,1 до 2,12 В при повній ефективності та максимальному рівні заряду. Отже, вся батарея забезпечує електрорушійну силу від 12,6 до 12,7 В.

Кожна одинарна комірка батареї містить позитивні і негативні пластини, які розташовані у певній послідовності, зазвичай в такому порядку (негативна-позитивна-негативна-позитивна). При чому кількість позитивних пластин завжди на одиницю менше, ніж кількість негативних пластин.

Скелет кожної пластини, незалежно від того, чи це позитивна чи негативна, складається з сітки. Спочатку цю сітку виготовляли з чистого свинцю, а потім перейшли на використання свинцевого сплаву, до його складу входило 6–7% сурми (Sb). Це спричинило стійкість пластин до вібрацій, ударів і деформацій. Проте склад сурми також сприяв збільшенню випаровування газів та витрату води електролітом. Через це з часом почали використовувати сплави з більш низьким вмістом сурми (менше 2% Sb), і також свинцево-кальцієві сплави (рис. 1.1)

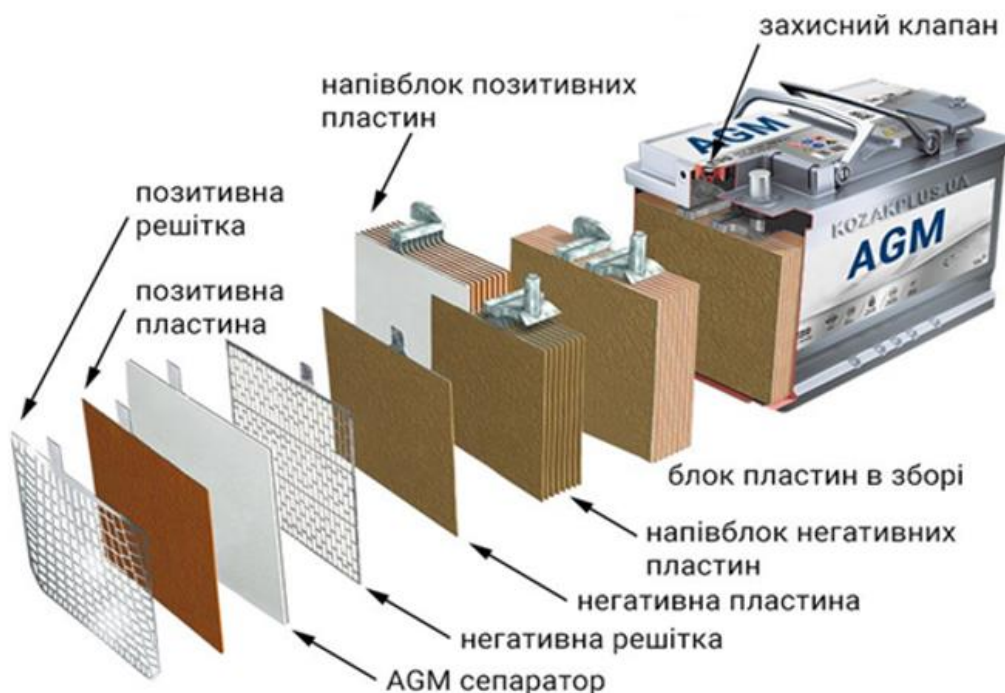


Рисунок 1.1 – Будова батареї

При додаванні кальцію в кількості 1% від всієї маси сплаву присутні такі переваги, як менше випаровування води та зменшення саморозряду на 30% у порівнянні з акумуляторами, які використовують решітки з низьким вмістом сурми. У необслуговуваних акумуляторних батареях, де витрата електроліту в

водяному розчині при температурі 40 °С та заряджених при постійній напрузі 14,4 В протягом 500 годин, цей показник становитиме менше 4 г/год (або 2,7 г/хв).

Сучасні акумуляторні батареї мають невелику кількість срібла, що дає змогу підвищити стійкість пристрою до циклічної роботи на високих температурах електроліту, а також дає стійкість електродів до корозійного зносу.

Контролер системи управління електроенергією отримує вихідні дані від різних датчиків через CAN або LIN шину, таких як температура двигуна, температура навколишнього середовища, і швидкість обертання колінчастого валу, а також інформацію про час, коли автомобіль зупинений. На основі цих даних контролер регулює роботу системи управління батареєю або енергетичною системою, забезпечуючи оптимальне використання енергії та підтримку роботи автомобіля в різних умовах експлуатації.

Оцінку технічного стану акумулятора можна здійснити за допомогою двох методів: органолептичного та інструментального.

Оцінка технічного стану акумулятора за допомогою зорового контролю включає перевірку чистоти (відсутність забруднень) та стану клем (відсутність окислення і пошкоджень матеріалу), огляд кріплення акумулятора в автомобілі та стану електричних з'єднань.

Контроль рівня електроліту в комірках має полягати у тому, щоб він перебував на відстані 10-15 мм вище за поверхню пластин. Щільність електроліту є одним з основних параметрів для діагностики акумулятора, який вказує на рівень заряду батареї. Простий спосіб перевірки щільності полягає у перевірці кольору індикатора заряду акумуляторної батареї.

Також, щільність електроліту можна виміряти за допомогою рефрактометра або аерометра, проте це виміряти можливо тільки в акумуляторах, де рівень електроліту можна перевірити для окремих комірок.

Можна оцінити стан батареї та електроліту, провівши вимірювання електрорушійної сили акумуляторної батареї (напруги без навантаження) при

застосуванні мультиметра. Для цього скористайтеся формулою:  $\rho = E/6 - 0,86$  (де напруга - заміряна напруга на клеммах акумулятора, це вольти).

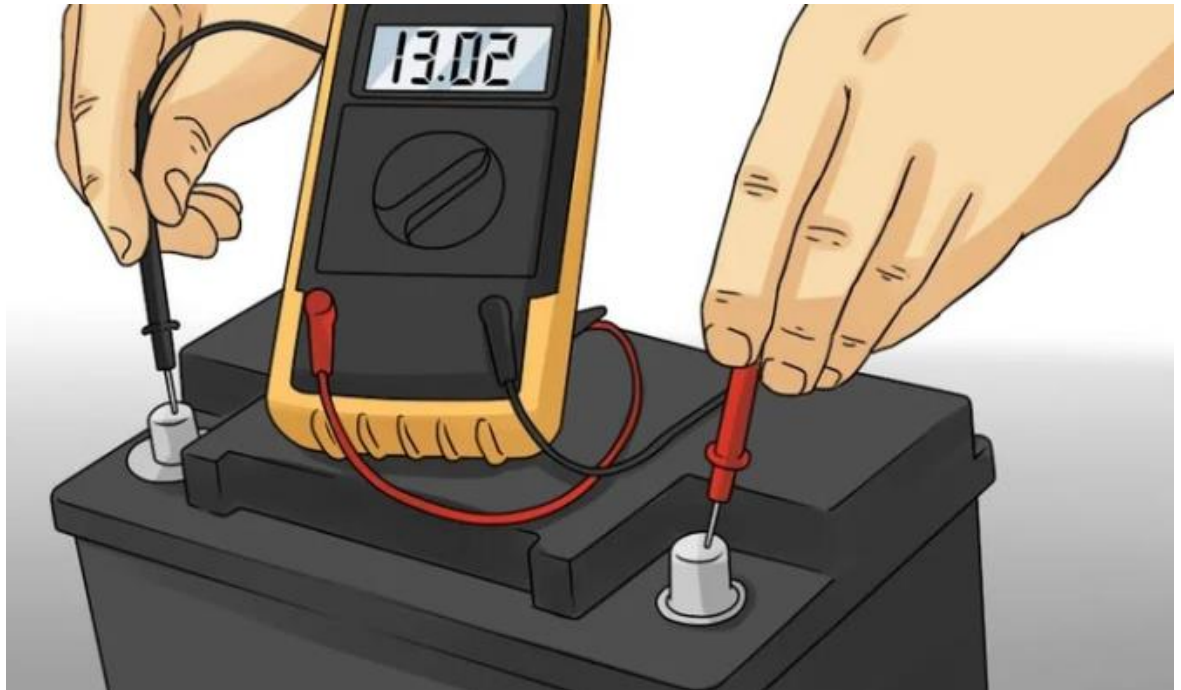


Рисунок – 1.2 – Перевірка працездатності акумулятора за допомогою мультиметра та навантажувального пристрою

На підставі отриманих параметрів, таких як напруга акумулятора, опір і провідність, зазвичай тестер перевіряє дві величини: рівень заряду акумулятора (SOC) і перевіряє стан фізичної деградації (SOH). Обидва ці значення зазначені у відсотках порівняно з номінальними значеннями.

### 1.3 Загальна будова та особливі функції автомобільних генераторів

Головним джерелом електроенергії в електроній системі авто є генератор перемінного струму, а саме трьох фазний синхронний генератор змінного струму. Використання цього генератора в автомобілях має декілька переваг, найважливішими з яких є:

- вища продуктивність та потужність на одиницю маси пристрою, порівняно з генератором постійного струму;
- ефективна багатофункціональність в широкому діапазоні частот обертання ротора;
- підвищена тривалість служби та надійність під час експлуатації;

- відсутність комутатора.

Основними складовими генератора є рухомий ротор, обмотка, що створює поле, та нерухомий статорний вузол з якорем.

Ротор складається з валу, на якому розміщені розділені сталеві елементи (зображено на рис. 1.3). Рух ротора забезпечується за допомогою передачі, що приводиться в дію від колінчастого валу двигуна, що дає змогу збільшити його швидкість обертання у 2-3 рази відносно обертання колінчастого валу. В середині ротора присутня обмотка збудження, яка живиться струмом збудження. Головними елементами електромагніту є полюси, що являють собою виступи половини ротора, тобто як кігті, розташовані в протилежному порядку. Вони забезпечують передачу струму на обмотку збудження через щітки, що взаємодіють з кільцями ковзання, розташованими на осі ротора.

В статорному вузлі міститься три окремі обмотки якоря, які позначені як U, V і W, які з'єднані зіркою. Ці обмотки зроблені у корпусі генератора через кожні 120 градусів. Змінне магнітне поле, що робить вплив на ці обмотки, викликає індукцію змінної (синусоїдальної) напруги в кожній з них, зсуваючи їх по фазово на 120° відносно один одного.

Необхідним є перетворення змінної напруги в постійну, оскільки змінна напруга, що генерується в генераторі, не може бути використана споживачами[1].

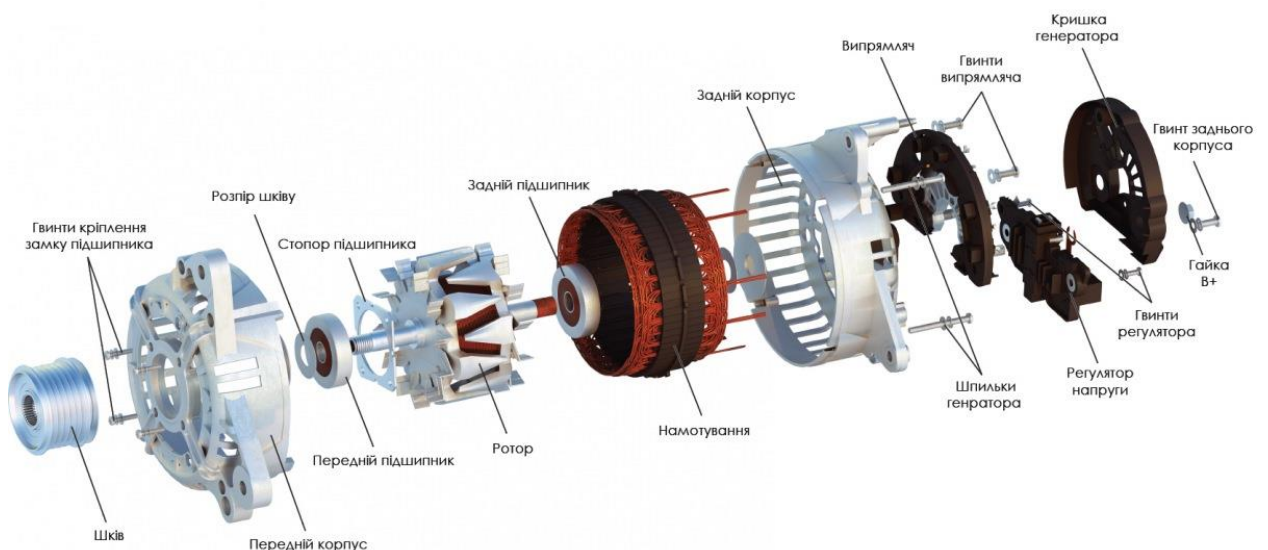


Рисунок 1.3 – Будова автомобільного генератора.

Для отримання необхідної напруги характеристики генератора змінного струму, застосовують діодний міст у вигляді напівпровідникового випрямного контуру з кремнієвими діодами.

Кожен зірковий рукав, який є фазним провідником, підключений до вхідних клем генератора ( $V +$  і  $V -$ ). Один з них є позитивним, він допускає вільний протік струму до позитивного терміналу ( $V +$ ), при цьому він блокуючи спрямований потік до негативної клем ( $V -$ ), і чергується для пропускання позитивної половини синусоїди напруги. Другий діод, який є негативним, працює навпаки пропускає струм від мінусової клем ( $V -$ ), тим часом як блокує зворотний потік, і вони чергуються для пропускання негативної половини синусоїди. Через це, на виході генератора змінного струму (клем  $V +$  і  $V -$ ) виходить напруга постійного струму з низьким рівнем пульсації.

Середнє значення напруги, яке випрямлює генератор, залежить від швидкості обертання ротора. Якщо не застосовувати жодного регулювання, це значення змінювалося б паралельно зі швидкістю обертання двигуна. Щоб обмежити ці зміни, напругу регулюють згідно з характеристикою акумуляторної батареї і підсилюють під час високих обертів двигун. Для цього використовують електронні регулятори напруги, які можуть бути однофункціональними або багатфункціональними. Завдяки тому як розташовані керуючі транзистори струм протікає через обмотку збудження тільки тоді, коли напруга на електродах перевищує гранично допустиме значення.

Монофункціональні (або одно функціональні) регулятори дають можливість регулювання струму збудження, утримуючи постійне значення вихідної напруги в межах необхідного діапазону. Це стається незалежно від швидкості обертання двигуна і величини навантаження генератора (потужності підключених споживачів в бортовій мережі).

Багатфункціональні регулятори, такі як MFR, надають можливість регулювати напругу генератора залежно від температури навколишнього середовища. Генератори змінного струму, обладнані цими типами

регуляторів, відомі як цифрово керовані генератори змінного струму. Вони забезпечують оптимальні параметри роботи генератора відповідно до умов роботи двигуна і здатні виконувати функції контролю та діагностики. Серед інших переваг, вони забезпечують:

- припинення подачі струму до обмотки збудження генератора під час того як запускається двигун, що призводить до зменшення навантаження;

- автоматичне збільшення обертів двигуна, якщо напруга акумулятора стає надто низькою або якщо навантаження на нього стає великим.

- призупинення генератора на швидку зміну навантаження, наприклад, при різкому натисканні на педаль газу (це допомагає зменшити опір під час прискорення автомобіля).

- захист генератора від можливих пошкоджень, таких як перегорання лампочки індикатора зарядження або переривання його електронного кола (забезпечення можливості автоматичного генератора), короткого замикання ротора, термічних пошкоджень внаслідок надмірного підвищення робочої температури та інших непередбачених ситуацій.

- автоматичне підналаштування напруги заряду акумулятора з урахуванням його стану, вимірюного безпосередньо на електродах акумулятора;

- тимчасове відключення вибраних, непотрібних споживачів електроенергії з метою збалансування електричних потреб транспортного засобу.

Основним показником несправності генератора є включення індикаторної лампочки заряду під час роботи двигуна. Це відбувається, коли напруга, виходить за межі необхідного діапазону (13,5–14,6 В). Якщо рівень заряду акумулятора низький навіть під час тривалої експлуатації авто, це може бути причиною несправності генератора, і потребує перевірки всієї системи зарядки.

Щоб продіагностувати генератор змінного струму потрібно в першу чергу візуальний огляд та оцінку його технічного стану. Це включає огляд



привідного ремня генератора на присутність зношеності, ознак зносу чи пошкоджень на бічній поверхні, а також присутність тріщин або розшарувань на зубах ремня. Також оцінюється стан шківів, кріплення вентилятора та ступеня натягу ремня. Після пуску двигуна автомобіля також можна виявити шуми, що може свідчити про несправність підшипника ротора.

Одним з основних методів діагностики генератора змінного струму є вимірювання напруги електричної системи. Це можна зробити за допомогою електронних тестерів або осцилографа, які дозволяють отримати точні показники напруги.

Під час стандартного тестування генератора змінного струму рекомендується виміряти напругу при працюючому двигуні з підвищеними оборотами (чуть більше 2000 об/хв) та при навантаженні генератора. Це дає знати про увімкнення приймачів, які споживають струм не менше 15-20 А. Напруга, поміряна в цих умовах, повинна залишатися в певних межах 13,8–14,4 В (максимально 14,6 В). При максимальному навантаженні на генератор напруга не повинна опускатися нижче 13,3–13,5 В. Також потрібно враховувати, що напруга під навантаженням може плавати залежно від температури навколишнього середовища. Надто низька напруга під навантаженням може свідчити про несправність генератора або регулятора напруги.

Під час перевірки генератора змінного струму також важливо виміряти напругу при максимальних обертах двигуна. Значення напруги, отримане при цих обертах, не повинно перевищувати 14,8 В. Якщо воно вище, це може свідчити про несправність регулятора напруги.

Звірівши вимірювання напруги на генераторі, можна переконатися в його продуктивності. Така оцінка включає не лише середнє значення напруги, але й аналіз форми пульсації напруги, яка обумовлена принципом функціонування генератора. Нормальною вважається пульсація, що не перевищує 0,5 В. А якщо перевищити це значення, можливі причини можуть

бути пов'язані з пошкодженням випряляючих мостових діодів або мосту випрямляча або несправностями в електричних з'єднаннях обмотки якоря.

### **Висновки за розділом**

1. В даному розділі проведено аналіз принципів та конструкцій функціонування електричних бортових систем автомобілів.

2. Проведено конструкційний аналіз автомобільних джерел струму - акумуляторних батарей постійного струму та генераторних установок змінного струму.

## РОЗДІЛ 2

### ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ГЕНЕРАТОРІВ ЗМІННОГО СТРУМУ

#### 2.1 Основні дані технічної характеристики генераторів

До основних показників технічної характеристики генераторів належать:

- 1) номінальна напруга  $U_d$  без навантаження, В;
- 2) мінімальна частота обертання ротора  $n_x$ , при якій генератор розвиває номінальну напругу  $U_d$  без навантаження,  $\text{хв}^{-1}$ ;
- 3) внутрішній опір  $r$ , Ом;
- 4) номінальний струм навантаження  $I_p$ , А;
- 5) ; номінальна частота обертання ротора  $n_p$ , при якій генератор розвиває номінальну потужність,  $\text{хв}^{-1}$ .

Властивості генераторів визначаються його характеристиками (рис. 2.1): холостого ходу (рис. 2.1 а) і струмошвидкісною (рис. 2.1 б).

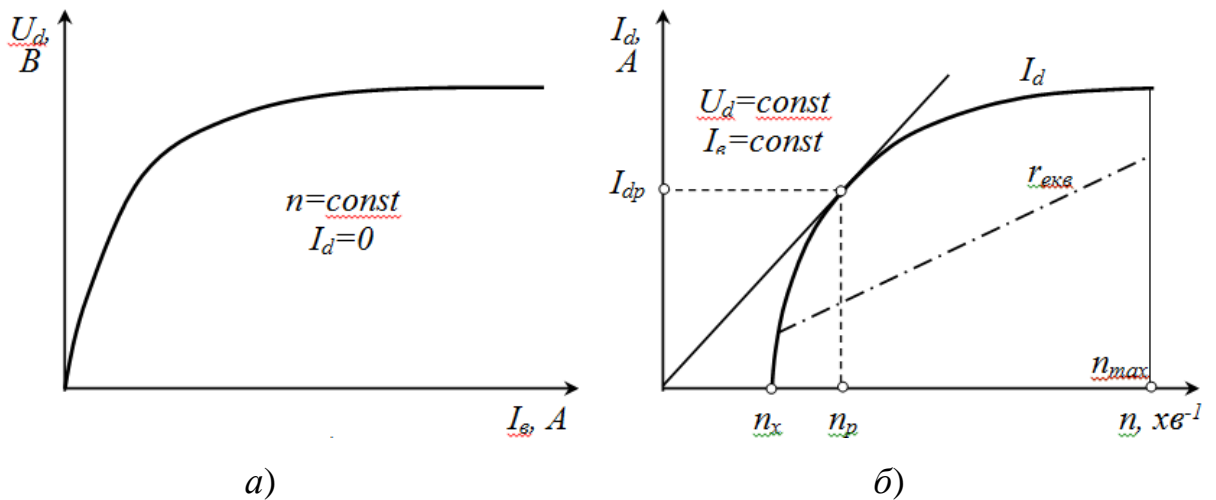


Рисунок 2.1 – Характеристики генератора вентильного типу: а) холостого ходу; б) струмошвидкісна.

Середнє значення випрямленої напруги відображає характеристика холостого ходу від сили струму в обмотці збудження  $I_s$  при сталих обертах ( $n=\text{const}$ ) без навантаження ( $I_d=0$ ):

$$U_d = 2,34 \cdot C_e \cdot n \cdot \Phi \cdot 2\Delta U , \quad (2.1)$$

де  $2,34 \cdot C_e$  – постійна вентильного генератора;  $n$  – частота обертання ротора генератора,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $\Phi$  – магнітний потік;  $2\Delta U$  – спад напруги на діодах, В.

Магнітний потік можна виразити через струм збудження за допомогою функції такого вигляду::

$$\Phi = \frac{I_3}{a + b \cdot I_3}, \quad (2.2)$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти залежності.

Струмошвидкісна характеристика – це залежність струму  $I_d$  від обертів  $n$  ротора генератора при постійних напрузі на клеммах генератора ( $U_d = \text{const}$ ) і струмі ( $I_3 = \text{const}$ ) в обмотці збудження.

$$I_d = \frac{2,34 \cdot C_e \cdot n \cdot \Phi - 2\Delta U - U_d}{r}. \quad (2.3)$$

На характеристиці (рис. 1.1 *b*) показана частота обертання ( $n_x$ ), при якій генератор виробляє номінальну напругу 14 (28) В без навантаження ( $I_d = 0$ ) і живленні обмотки збудження струмом при напрузі 14 (28) В. З характеристики видно, що зі збільшенням частоти обертання ротора генератора від початкової  $n_x$  до розрахункової  $n_p$  спостерігається швидке зростання струму  $I_d$ . При подальшому підвищенні частоти обертання ротора ріст струму росте повільніше. Крива струму стає все більш пологого вигляду через дію факторів самообмеження:

1) При наростанні сили струму навантаження зростає сила струму в котушках обмотки статора, що супроводжується збільшенням магнітного потоку статора. Однак, оскільки магнітний потік статора протидіє магнітному потоку ротора, результуючий магнітний потік зменшується, внаслідок чого зменшується ЕРС індукції  $i$ , відповідно, сила струму;

2) При збільшенні частоти обертання ротора зростає частота струму в обмотках котушок статора, що в свою чергу підвищує індуктивний опір обмотки.

Таблиця 2.1 – Характеристики автомобільних генераторів

Технічні та обмоточні дані	Г221	Г250-А1	Г270-А	Г271
Номінальна напруга, В	12,5	12,5	25	25
Максимально допустима сила струму самообмеження, А	42	40	30	30
Частота обертання ротора: за номінальної напруги, хв <sup>-1</sup> при силі струму навантаження, А	2000 25	2000 28	1800 20	2000 20
Зусилля пружини на щітку, гс	400-440	180-260	180-260	180-260
Працює з реле регулятором	РР380	РР350, РР362	РР127	РР127
Встановлюється на автомобілі	ВАЗ	ГАЗ, і ін.	МАЗ, КрАЗ	МАЗ, КрАЗ і ін.
Обмотка збудження: Число витків в котушці Діаметр дроту без ізоляції, мм Опір обмотки, Ом	485 0,65 4,5	490 0,74 3,7	1280 0,47 24,4	1420 0,51 23,3
Обмотка статора: Число котушок Число котушок в одній фазі Число витків в одній котушці Діаметр дроту без ізоляції, мм	18 6 10 1,2	18 6 13 1,35	18 6 16 1,25	18 6 18 1,09

Таким чином, не потребується встановлювати в ланцюгу генератор - акумуляторний батарейний регулятор - обмежувач струму. Сучасні генератори змінного струму можуть працювати лише з регуляторами напруги, що значно спрощує генераторну установку і зменшує вартість порівняно з генераторними установками на базі генераторів постійного струму[9], [10], [12].

## 2.2 Електронні характеристики генераторів

Електричні характеристики генераторів дозволяють оцінити їх якісні параметри при умові, що інші фактори залишаються незмінними. Швидкісна характеристика генератора змінного струму відображає залежність електрорушійної сили генератора від частоти обертання ротора.

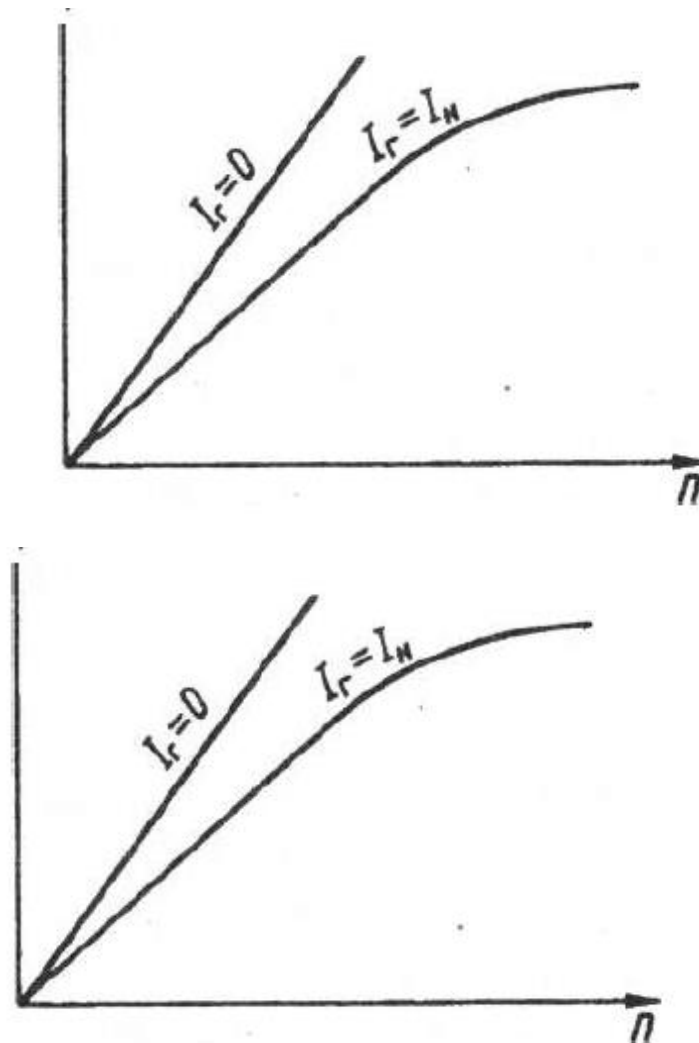


Рисунок 2.2 – Швидкісна характеристика генератора змінного струму відображає залежність електрорушійної сили генератора від числа обертів ротора.

$$E_G = c\Phi n, \quad (2.4)$$

де  $c$  – стала величина генератора;  $n$  – частота обертання ротора.

Напруга генератора визначається за формулою:

$$U_G = E_G - I_G Z_o, \quad (2.5)$$

де  $I_G$  – струм генератора;  $Z_o$  – опір генератора.

Швидкісна регульовальна характеристика генератора відображає залежність струму збудження  $I_3$  від частоти обертання ротора генератора змінного струму при сталій напрузі.

$U$  і  $I_n$  (рис. 2.3).

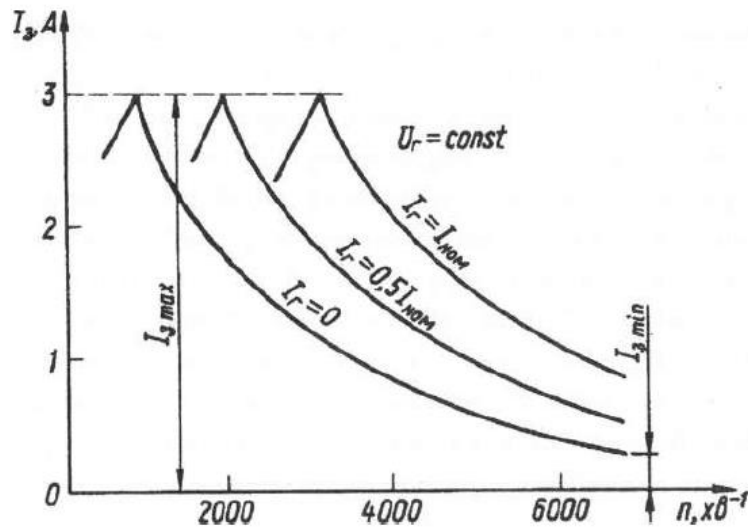


Рисунок 2.3 – Швидкісна регульовальна характеристика генератора

Зовнішня характеристика (рис. 2.4) генератора змінного струму показує залежність напруги генератора  $U_G$  від струму навантаження  $I_n$  за умови постійної частоти обертання постійна й відомі значення  $I_3$ .

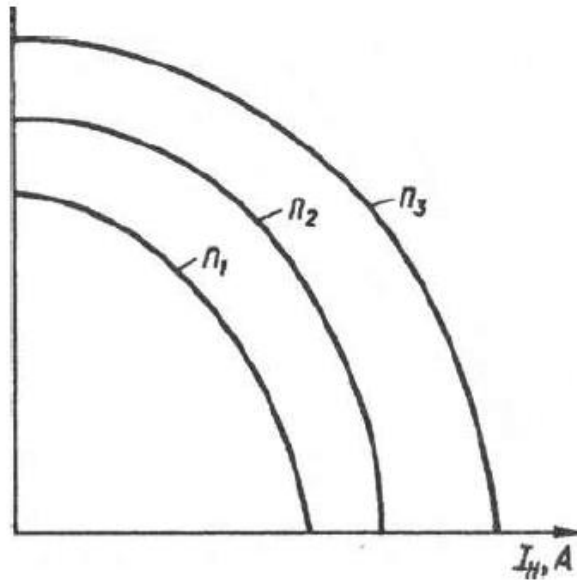


Рисунок 2.4 – Зовнішня характеристика генератора.

$$U_{\Gamma} = E_{\Gamma} - I_{\Gamma}Z_o - \Delta U_B, \quad (2.6)$$

де  $U_{\Gamma}$  – електрорушійна сила генератора;  $I_{\Gamma}$  – струм генератора;  $Z_o$  – повний опір якоря генератора;  $\Delta U_B$  – спад апруи на випрямлячі генератора.

Струм генератора змінного струму визначаємо за формулою:

$$I_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{Z_o}, \quad (2.7)$$

$$Z_o = \sqrt{(R_{\Gamma} + R_H)^2 + x_L^2}, \quad (2.8)$$

де  $Z_o$  – повний опір якоря генератора;  $R_{\Gamma}$  – активний опір генератора;  $R_H$  – опір навантаження генератора;  $x_L$  – індуктивний опір.

$$x_L = 2\pi fL = 2\lambda \frac{pn}{60} L = C_x n, \quad (2.9)$$

де  $f$  – частота струму генератора;  $p$  – кількість пар полюсів;  $L$  – індуктивність;  $n$  – частота обертання ротора генератора.

Підставивши значення виразу (2.9) в (2.7) отримаємо:

$$I_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{\sqrt{(R_{\Gamma} + R_H)^2 + (C_x n)^2}}. \quad (2.10)$$

Якщо частота обертання ротора маловата, складова індуктивного опору  $C^2 n^2$  також менша в порівнянні з активною складовою  $(R_{\Gamma} + R_H)^2$  тоді її можна не брати. Тоді:



$$I_{\Gamma} = \frac{C_E \Phi \cdot n}{(R_{\Gamma} + R_H)^2} = C_n. \quad (2.11)$$

І навпаки, під час збільшення частоти обертання індуктивна складова збільшується  $C^2 n^2$  й зростає в порівнянні з активною складовою, яку можна також не брати. Тоді струм не буде залежати від частоти обертання:

$$I_{\Gamma} = \frac{C_E \Phi}{C_x} = \text{const}, \text{ при } \Phi = \text{const}. \quad (2.12)$$

Таким чином, під час наростання частоти обертання ротора обмежується максимальна сила струму генератора.

### 2.3 Теоретичний аналіз процесів самозбудження генератора

Наведено нижче схема заміщення (рис. 2.5), дає можливість записати математичну модель асинхронної машини (в даному випадку генератора змінного струму) для режиму роботи:

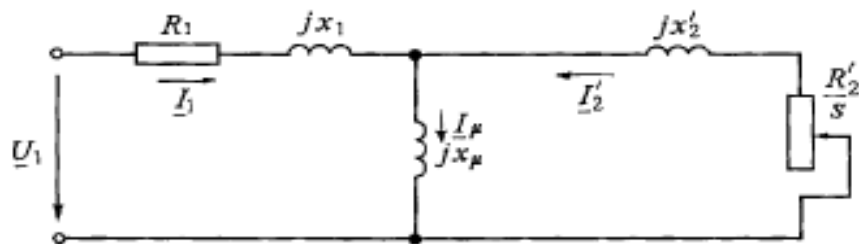


Рисунок 2.5 – Схема заміщення генератора змінного струму

$$U_1 = I_1 R_1 + jx_1 I_1 + jx_{\mu} I_{\mu}; \quad (2.13)$$

$$0 = I_2 \frac{R_2}{s} + jx_2 I_2 + jx_{\mu} I_{\mu}, \quad (2.14)$$

Виходячи з розрахунків, вітку намагнічення ми можемо встановити на вході схеми заміщення (рис. 2.6), де  $R_{\mu}$  – додатковий активний опір кола, що ми вводимо в схему заміщення з метою відтворення втрат).

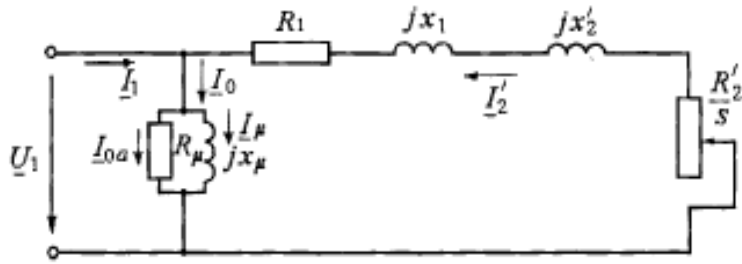


Рисунок 2.6 – Схема зсунення генератора змінного струму з урахуванням втрат

Сила струму, згідно (рис. 2.6) становитиме:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + (x_1 + x_2')^2}} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_k^2}}, \quad (2.15)$$

де  $x_k = x_1 + x_2$ .

Далі встановимо потужність, врахувавши електромагнітну потужність, що потенційно може передаватись ротору генератора:

$$P = (mI_2'^2) \frac{R_2'}{s} = \frac{mU_1^2 \frac{R_2'}{s}}{(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_k^2}$$

Розрахуємо момент, що створює електромагнітне поле:

$$(\omega_1 = \frac{\omega}{\rho} = 2\pi f / \rho), \quad (2.16)$$

$$M = \frac{P}{\omega_1} = \frac{mU_1^2 \frac{R_2'}{s}}{\omega_1 [(R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_k^2]} = \frac{mU_1^2 R_2' s}{\omega_1 [(sR_1 + R_2')^2 + s^2 x_k^2]}. \quad (2.17)$$

Прирівнявши похідну до нуля, зможемо розв'язати диференціальне рівняння :

$$\frac{dM}{ds} = \frac{mU_1^2 \frac{R_2'}{s}}{\omega_1} \cdot \frac{s^2 R_1^2 + 2sR_1 R_2' + R_2'^2 + s^2 x_k^2 - 2s^2 R_1^2 - s2R_1 R_2' - 2s^2 x_k^2}{\left[ (R_1 + \frac{R_2'}{s})^2 + x_k^2 \right]^2} =$$

Далі необхідно встановити граничну межу ковзання і максимальний момент електромагнітного поля:

$$S_{kp} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + x_k^2}} ;$$

$$M_m = \pm \frac{mU_1^2 \sqrt{R_1^2 + x_k^2}}{\omega_1 \left[ (R_1 + (\pm \sqrt{R_1^2 + x_k^2}))^2 + x_k^2 \right]} = \pm \frac{mU_1^2}{2\omega_1 \left[ \pm \sqrt{R_1^2 + x_k^2} \right]},$$

Під час роботи асинхронної машини змінного струму можливе виникнення такого фізичного явища мимовільне, або неконтрольоване зростання струму та напруги, що позначається знаком "-" для генераторного режиму роботи асинхронної машини.

Дані явища використовується в промисловому маніюбудування для навмисного самозбудження асинхронного генератора, який працює на одну мережу. Самозбудження означає, що генератор може самостійно збільшувати свою напругу та струм без зовнішніх джерел електрорушійної сили (ЕРС).

Процес самозбудження триває недовго і відбувається без видимих зовнішніх джерел ЕРС. Це явище можна розглядати як електромагнітну нестійкість електродинамічної системи, яка складається з асинхронного генератора (АГ) та ємності та математично самозбудження описується методами теорії стійкості узагальнених рухів.

Протікання процесу за відсутності видимих джерел ЕРС, а також нетривалість його дають нам можливість розглядати самозбудження в системі АГ. Це процес, при якому генератор самостійно збільшує свою напругу та струм без зовнішньої допомоги. Це можливо завдяки властивостям електромагнітної нестійкості системи.

В автономних електростанціях джерелом реактивної потужності для асинхронного генератора (АГ) є конденсатори. Під час роботи ротора електрорушійна сила (ЕРС), що виникає від залишкового магнітного потоку, викликає залишковий струм збудження (рис. 2.7). Стабільні значення ЕРС визначаються точкою перетину вольт-амперної характеристики конденсатора з характеристикою намагнічення генератора. Залишковий струм збудження, який з'являється в роторі генератора через залишковий магнітний потік. Цей струм сприяє відновленню магнітного поля в роторі при запуску генератора.

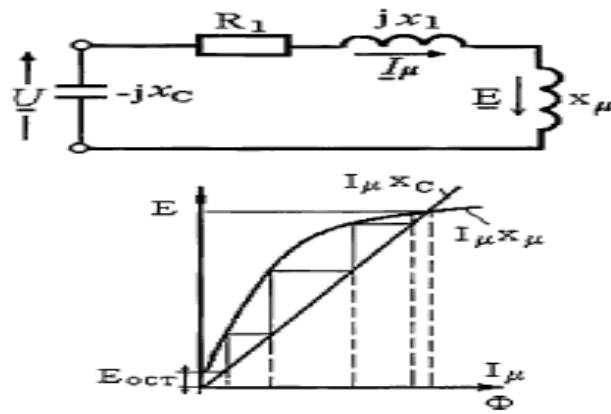


Рисунок 2.7 – Характеристика самозбудження асинхронної генераторної машини

Як бачимо, на рисунку 2.7  $R_1$  – активний опір обмотки статора. значення  $x_1$  і  $x_\mu$  – індуктивний опір статорної обмотки генераторної машини, а також опір, що виникає в процесі взаємоіндукції;  $x_c$  – опір конденсатора генераторної машини.

Як нам відомо, існують різні види до теорії самозбудження АГ. Межі можливої зміни ковзання в (АМ) при ємкісному самозбудженні і збудженні від мережі різко відрізняються. Проте ці межі сильно відрізняються в АМ, що самозбуджується, обертається з деякою постійною швидкістю  $Q$  при різній місткості конденсаторів. Як нам відомо, існують різні підходи до теорії самозбудження асинхронного генератора (АГ). Межі можливої зміни ковзання в асинхронному двигуні (АМ) при ємнісному самозбудженні і збудженні від мережі суттєво відрізняються. Проте ці межі значно варіюються в АМ, що самозбуджується і обертається з певною постійною швидкістю та при різній ємності конденсаторів. При ємнісному самозбудженні, коли генератор отримує енергію від конденсаторів, межі можливого ковзання значно ширші. Це означає, що генератор може працювати ефективно при різних швидкостях обертання ротора. Різна ємність конденсаторів впливає на швидкість обертання ротора і на межі ковзання. Генератор, що самозбуджується, може обертатися з певною постійною швидкістю.

Пропонована схема заміщення АМ, яка подана на рис. 2.8 та отримана відносно початкової базисної частоти,  $x_1 = const$ , при відповідній кутовій частоті обертання ротора асинхронної машини  $\Omega = const$ . Тоді отримані значення параметрів ковзання  $s$  і та загальний опір магнітної індукції машини  $x_0$  відносно початкової базисної частоти можемо використати для розв'язання рівняння резонансу[2]:

$$\frac{r_1(1-s)}{\Omega} = -R_e; \quad \frac{x_c(1-s)^2}{\Omega^2} = X_e, \quad (2.18)$$

де  $\Omega$  – кутова частота обертання магнітного поля генератора;  $s$  – ковзання магнітного поля генератора.

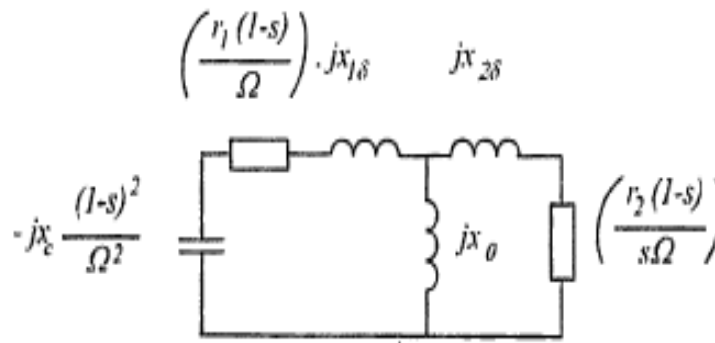


Рисунок 2.8 – Розрахункова схема заміщення під час самозбудження асинхронної генераторної машини

$$X_e = x_{1\sigma} + x_0 \frac{(x_0 + x_{2\sigma}) \left[ \frac{r_2(1-s)}{s\Omega} \right]^2}{(x_0 + x_{2\sigma})^2 \left[ \frac{r_2(1-s)}{s\Omega} \right]^2}, \quad (2.19)$$

де  $R_e$ ,  $X_e$  – отримані значення активного і реактивного опорів під час заміщення фаз генераторної машини.

Враховуючи формулу 2.19, можна зробити висновок, що для одержання стабільного режиму самозбудження необхідно визначити значенням опорів взаємної індукції  $x_0$  і ковзанням  $s$ . Вони встановлюються відносно резонансних співвідношень  $x_c$  і  $x_c$ ,  $r_1$ .

На рис. 2.9 показано розподіл ковзання в різних режимах певного самозбудження для АМ, (однак накладається умова, що обертання ротора

генератора відбувається зі сталою швидкістю ( $\Omega = 1$ ). Як видно з рисунка, на більшій частині граничної прямої ковзання не велике. У деяких публікаціях вказується що для розрахунку режиму конденсаторного гальмування АМ враховують вплив зменшення частоти струму в роторі ( $f_2 \approx 0$ ) на його активний опір. Тобто, значення ковзання  $s$ , знаходиться в межах від  $0 \dots 0,15$ .

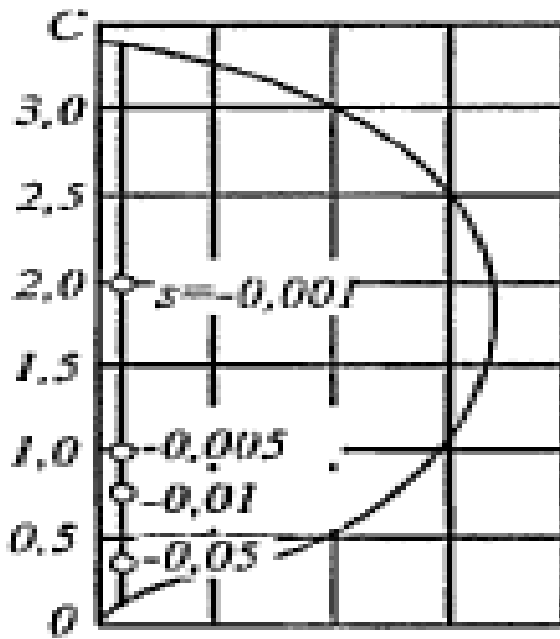


Рисунок 2.9 – Рижими ковзання за деякого діапазону самозбудження

Величину ковзання в асинхронній машині (АМ) під навантаженням можна отримати за допомогою алгоритму, викладеного вище, використовуючи рівняння резонансу генератора. Ці рівняння можна привести і застосувати аналогічно. Тоді як для виникнення параметричного резонансу необхідно, щоб частота зміни коефіцієнта взаємної індукції фаз обмоток статора і ротора приблизно вдвічі перевищувала частоту вільних коливань у статорі [13], [15], [16].




### Висновки за розділом

Вданому розділі наведено теоретичні дані проведення перевірки генератора, а також дані переревірівши які ми можемо зрозуміти справність генератора.

## РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА




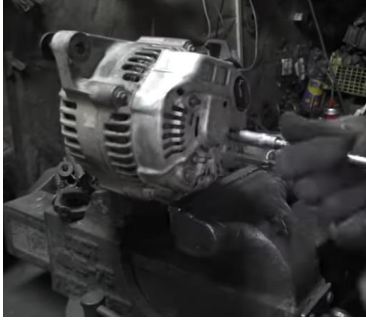
### 3.1 Технічна карта генератора

Таблиця 3.1 - Технологічна карта на діагностики технічного стану генератора [9],[10].

№	Послідовність виконання	Обладнання
<b>005</b>	<b>Первинна діагностика генератора</b>	
	<p>Перевірка справності акумуляторної батареї на заглушеному авто напруга становить 12.4В.</p>  <p>Перевірка роботи генератора на заведеному двигуні знову вимірюємо напругу якщо генератор справний напруга має становити від 13.5 до 14.2 В.</p>	<p>Мультиметр (в режимі вольтметра).</p>
<b>010</b>	<b>Перевірка проводів від акумулятора до генератора</b>	
	<p>Демонтаж плюсового проводу з акумулятора.</p>  <p>Провірка проводів від генератора до акумулятора.</p>  <p>Демонтаж фішки з генератора для перевірки другого проводу</p>	<p>Мультиметр (в режимі прозвонки проводів, ключ на 10)</p>

	 <p>Якщо на даному етапі проблем не виявлено то потрібно перевіряти сам генератор.</p>	
015	<p align="center"><b>Демонтаж генератора</b></p>	
	<p>Демонтаж клем з акумулятора. Ослаблюємо болт натягу генератора.</p>  <p>Демонтаж головної провона подачі напруги на генератор.</p>  <p>Відкручуємо головний болт кріплення генератора</p>  <p>Дістаємо сам генератор</p> 	<p align="center">Набір ріжково-накидних ключів, набір торцевих ключів.</p>
020	<p align="center"><b>Візуальний огляд генератора</b></p>	



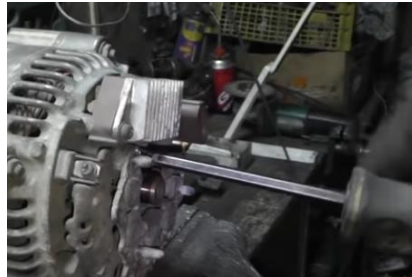
	<p>Перевірка підшипників генератора. Вручну прокручуємо шків і по звуку визначаємо приблизний стан підшипників.</p>  <p>Візуальний огляд генератора на наявність механічних пошкоджень.</p> 	
	<p><b>Розбирання генератора</b></p>	
<p><b>025</b></p>	<p>Відкручуємо діелектрик конектора.</p>  <p>Знімаємо захисну кришку.</p>  <p>За допомогою викрутки знімаємо тримач щіток.</p>	<p>Набір торцевих ключів. Набір викруток.</p>



Перевіряємо зношування щіток.



Знімаємо реле регулятор.



Знімаємо діодний міст.



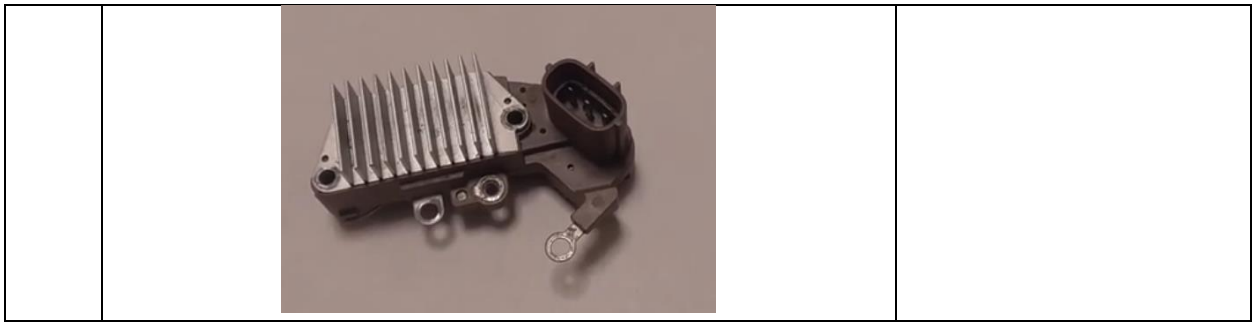
Далі проводимо перевірку діодного моста.



На клеммах не має бути великої розбіжності в показника і не має бути короткого замикання.

Також провіряємо реле регулятор

Мультиметр (в режимі омметра).



### **3.2. Випробування генератора під час вибігу автомобіля**

Під час проведення випробування автомобільного генератора під навантаженням здійснюються наступні кроки. Генератор перевіряють на механічні пошкодження, правильність монтажу та роботи приводу, а всі з'єднання надійно закріплені.

Під час вибігу на генератор здійснюють контрольоване навантаження, яке можна імітувати використанням штатних споживачів. Під час випробувань вимірюють основні параметри генератора, а саме напругу, яка встановлюється у бортовій мережі автомобіля. Тим самим генератор піддають різним рівням навантаження для перевірки його стабільності та ефективності роботи для живлення мережі автомобіля. Важливо перевірити, чи може генератор забезпечити необхідний рівень напруги та струму при різних умовах навантаження.

Для дослідження використано автомобіль Škoda Octavia

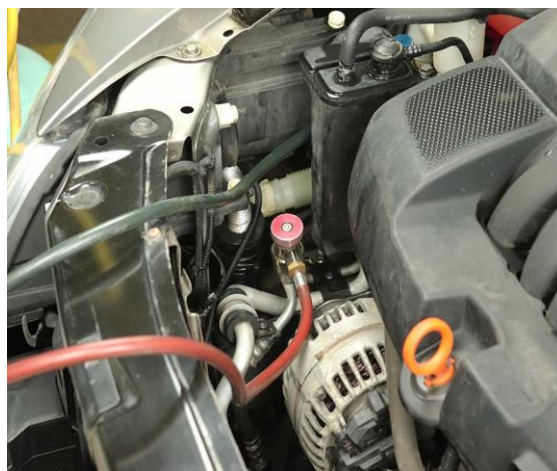


Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд генератора автомобіля Skoda Octavia A5

Для проведення випробування автомобільного генератора під навантаженням використано діагностичну програму Torque Pro, яка дозволяє фіксувати параметри роботи систем та бортової мережі двигуна (рис. 3.2).

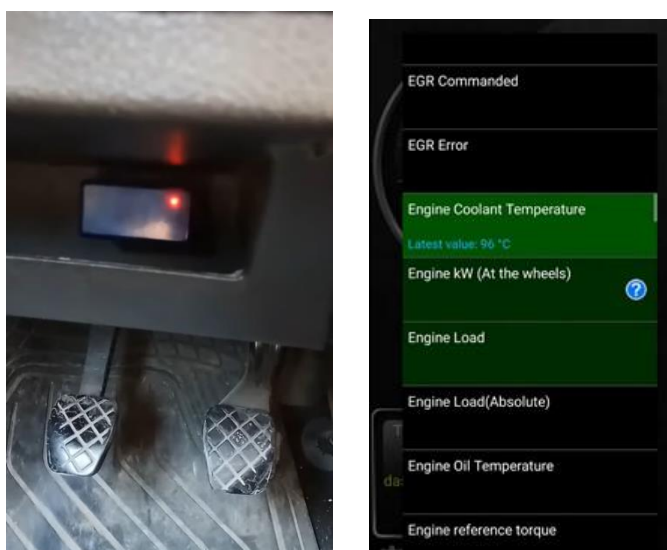


Рисунок 3.2 – Фрагмент отримання Log-файлу із фіксованими даними роботи автомобіля

У першому випадку рух автомобіля відбувався без навантаження на бортову мережу автомобіля, тобто без використання додаткових споживачів.

Таблиця 3.2 – Отримані дані напруги у бортовій мережі без навантаження

Швидкість, км/год	Навантаження двигуна, %	Напруга бортової мережі, В	Оберти двигуна, об/хв
1,64	53,33	14,40	1 408,00
4,26	39,61	14,40	1 841,00
7,91	36,08	14,40	1 493,00
10,41	55,69	14,40	1 262,00
12,95	51,76	14,40	1 526,00
14,98	15,29	14,40	1 571,00
17,08	40,78	14,40	1 192,00
18,43	43,92	14,40	1 173,00
19,54	49,80	14,40	1 293,00
20,50	35,29	14,40	1 360,00
21,45	33,33	14,40	1 407,00
22,28	32,16	14,40	1 441,00
28,14	31,76	14,40	1 482,00
29,19	31,37	14,40	1 511,00
29,83	30,59	14,40	1 560,00

30,29	30,20	14,40	1 584,00
31,36	29,02	14,40	1 625,00
32,30	24,71	14,40	1 636,00
32,70	21,96	14,40	1 632,00
32,38	21,96	14,40	1 626,00
32,43	20,78	14,40	1 629,00
32,60	21,18	14,40	1 625,00
32,28	20,78	14,40	1 624,00
31,98	20,78	14,40	1 626,00
31,86	21,18	14,40	1 640,00
32,39	20,00	14,40	1 636,00
32,13	20,39	14,40	1 643,00
32,06	20,39	14,40	1 648,00
31,90	20,39	14,40	1 631,00
32,25	19,61	14,40	1 627,00
32,45	19,22	14,40	1 640,00
32,01	18,04	14,40	1 642,00
32,09	18,82	14,40	1 636,00
32,22	18,82	14,40	1 629,00
31,87	18,82	14,40	1 618,00
31,90	20,00	14,40	1 603,00
31,66	21,18	14,30	1 604,00
31,32	22,75	14,00	1 606,00
30,96	23,14	14,20	1 576,00
30,98	23,53	14,20	1 570,00
30,77	23,92	14,20	1 570,00
30,61	23,14	14,20	1 580,00
30,60	23,14	14,30	1 578,00
30,39	23,14	14,30	1 585,00
30,35	24,71	14,30	1 583,00
30,49	26,67	14,30	1 582,00
30,94	25,49	14,30	1 596,00
31,22	25,10	14,20	1 603,00
31,64	25,88	14,20	1 611,00
31,12	24,71	14,10	1 609,00
31,11	23,14	14,10	1 610,00
31,38	21,57	14,10	1 608,00
31,55	21,57	14,10	1 587,00
31,51	22,35	14,10	1 553,00
31,04	22,75	14,20	1 542,00
30,46	23,53	14,20	1 530,00
30,18	23,53	14,10	1 520,00
29,90	23,14	14,10	1 496,00
29,50	23,53	14,10	1 478,00
28,81	24,71	14,10	1 450,00
28,71	24,71	14,00	1 446,00

28,75	23,92	14,10	1 460,00
28,27	21,96	14,20	1 416,00
27,85	20,78	14,20	1 379,00
27,37	21,18	14,10	1 321,00
26,14	24,31	14,10	1 249,00
24,37	22,35	14,10	1 173,00
23,18	21,57	14,10	1 147,00
21,89	32,94	14,20	1 132,00
21,49	34,90	14,20	1 159,00
21,84	36,08	14,10	1 186,00
23,01	37,65	14,10	1 230,00
24,24	37,25	14,20	1 259,00
24,80	38,43	14,10	1 286,00
24,96	38,43	14,10	1 301,00
25,48	38,43	14,10	1 331,00
25,72	37,65	14,10	1 370,00
26,55	37,25	14,20	1 395,00
27,69	35,29	14,20	1 442,00
28,51	33,73	14,20	1 466,00
28,88	31,37	14,10	1 480,00
29,04	30,59	14,10	1 496,00
29,29	29,80	14,10	1 518,00
29,60	28,63	14,10	1 550,00
30,33	27,84	14,20	1 565,00
30,78	26,27	14,10	1 585,00
31,01	25,88	14,20	1 574,00
31,00	28,63	14,20	1 562,00
31,11	29,41	14,30	1 586,00
31,19	28,24	14,20	1 600,00
31,36	27,06	14,20	1 608,00
31,32	26,27	14,20	1 604,00
Середнє значення	27,75	14,28	

У другому випадку рух автомобіля відбувався з навантаженням на бортову мережу автомобіля, тобто використанням додаткових споживачів. У цьому випадку навантаження формувалось наступним чином. Підігрів заднього скла – 40 Вт, обдув вітрового скла – 60 Вт, ближнє світло фар - 120 Вт, що сумарно становить 220 Вт [1],[8],[10].

Таблиця 3.3 – Отримані дані напруги у бортовій мережі під навантаженням 220 Вт.

Швидкість, км/год	Навантаження двигуна, %	Напруга генератора, В	Оберти двигуна, об/хв
3,59	39,69	13,21	1 513,60
10,82	43,57	13,21	1 656,58
13,47	39,69	13,21	1 604,98
15,58	61,25	13,21	1 356,65
13,47	56,94	13,30	1 640,45
15,58	16,82	13,30	1 688,83
17,76	44,86	13,39	1 281,40
19,17	48,31	13,39	1 260,98
20,33	54,78	13,39	1 389,98
21,32	38,82	13,39	1 462,00
22,31	36,67	13,39	1 512,53
23,17	35,37	13,39	1 549,08
29,27	34,94	13,39	1 593,15
30,36	34,51	13,39	1 624,33
31,03	33,65	13,39	1 677,00
31,50	33,22	13,39	1 702,80
32,61	31,92	13,39	1 746,88
33,59	27,18	13,39	1 758,70
34,01	24,16	13,39	1 754,40
33,68	24,16	13,39	1 747,95
33,73	22,86	13,39	1 751,18
33,91	23,29	13,39	1 746,88
33,57	22,86	13,39	1 745,80
33,26	22,86	13,39	1 747,95
19,17	23,29	13,39	1 763,00
20,33	22,00	13,39	1 758,70
21,32	22,43	13,39	1 766,23
22,31	22,43	13,39	1 771,60
23,17	22,43	13,39	1 753,33
29,27	21,57	13,39	1 749,03
30,36	21,14	13,39	1 763,00
31,03	19,84	13,39	1 765,15
31,50	20,71	13,39	1 758,70
32,61	20,71	13,39	1 751,18
33,14	20,71	13,39	1 739,35
33,18	22,00	13,39	1 723,23
32,93	23,29	13,30	1 724,30
32,57	25,02	13,02	1 726,45
32,20	25,45	13,21	1 694,20
32,22	25,88	13,21	1 687,75
32,01	26,31	13,21	1 687,75
31,84	25,45	13,21	1 698,50

31,82	25,45	13,30	1 696,35
31,60	25,45	13,30	1 703,88
31,56	27,18	13,30	1 701,73
31,71	29,33	13,30	1 700,65
32,18	28,04	13,30	1 715,70
32,47	27,61	13,21	1 723,23
32,90	28,47	13,21	1 731,83
32,37	27,18	13,11	1 729,68
32,35	25,45	13,11	1 730,75
32,63	23,73	13,11	1 728,60
32,81	23,73	13,11	1 706,03
32,77	24,59	13,11	1 669,48
32,28	25,02	13,21	1 657,65
31,68	25,88	13,21	1 644,75
31,38	25,88	13,11	1 634,00
31,10	25,45	13,11	1 608,20
30,68	25,88	13,11	1 588,85
29,97	27,18	13,11	1 558,75
29,86	27,18	13,02	1 554,45
29,90	26,31	13,11	1 569,50
29,40	24,16	13,21	1 522,20
28,96	22,86	13,21	1 482,43
28,47	23,29	13,11	1 420,08
27,19	26,75	13,11	1 342,68
25,34	24,59	13,11	1 260,98
24,11	23,73	13,11	1 233,03
22,76	36,24	13,21	1 216,90
22,35	38,39	13,21	1 245,93
22,72	39,69	13,11	1 274,95
23,93	41,41	13,11	1 322,25
25,21	40,98	13,21	1 353,43
25,79	42,27	13,11	1 382,45
25,96	42,27	13,11	1 398,58
26,50	42,27	13,11	1 430,83
26,75	41,41	13,11	1 472,75
27,61	40,98	13,21	1 499,63
28,80	38,82	13,21	1 550,15
29,65	37,10	13,21	1 575,95
30,04	34,51	13,11	1 591,00
30,20	33,65	13,11	1 608,20
30,46	32,78	13,11	1 631,85
30,79	31,49	13,11	1 666,25
31,55	30,63	13,21	1 682,38
32,01	28,90	13,11	1 703,88
32,25	28,47	13,21	1 692,05
32,24	31,49	13,21	1 679,15



32,36	32,35	13,30	1 704,95
32,44	31,06	13,21	1 720,00
32,62	29,76	13,21	1 728,60
32,58	28,90	13,21	1 724,30
Середнє значення	30,32	13,25	

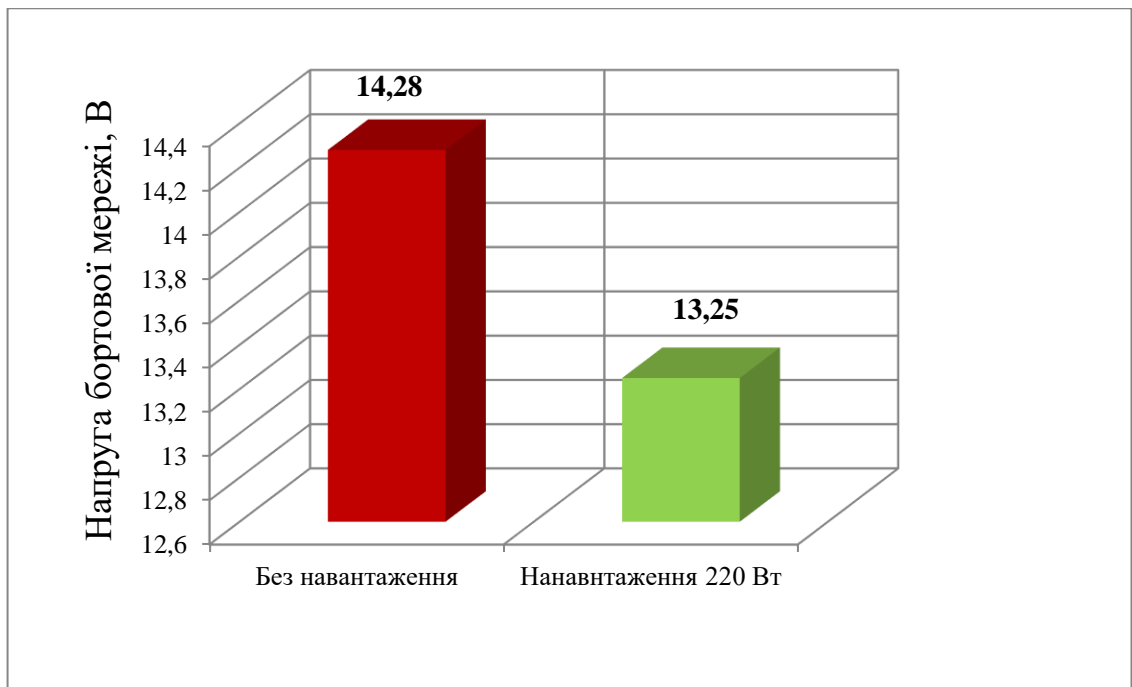
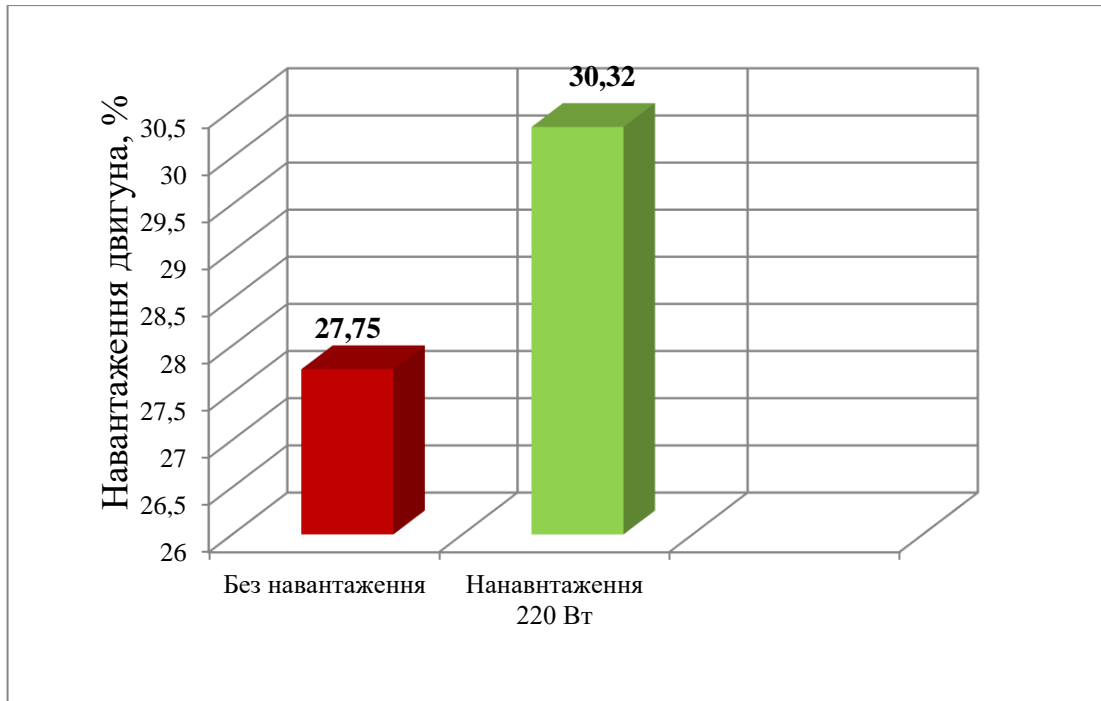


Рисунок 3.3 – Результати випробування генераторної установки автомобіля під навантаженням та без навантаження

Здійснено випробування генератора під час вибігу автомобіля в двох режимах - без навантаження та з навантаженням 220 Вт. На основі отриманих встановлено, що без навантаження генератор забезпечує бортову мережу автомобіля напругою 14,28 В, тоді як під навантаженням від споживачів відбувається значне зниження напруги до 13,25 В. На основі цього можемо зробити висновок, що за умови використання більшої кількості додаткових споживачів і систем необхідне встановлення генератора більшої потужності.

### **3.3 Розробка пристрою для зняття кришок генератора**

Під час проведення ремонтних робіт на дільниці з ремонту вузлів електрообладнання (на етапах розбирання) у нас часто виникають значні труднощі при розбиранні генератора, зняття його кришок та підшипників. Це пов'язано з тим, що під час експлуатації деталі «прикіпають» одна до одної, а підшипники знаходяться під натягом пресової посадки зі зусиллям 35-55 Н. Тому нам для розбирання багатьох вузлів на ремонтній дільниці потрібно мати прес, укомплектований багатьма наставками з відповідною кількістю номінальних розмірів. В протилежному випадку такі операції потрібно проводити на агрегатній дільниці[7], [11], [17].

Для покращення й полегшення операції «розколювання» генератора й зняття його кришок в роботі пропонується застосовувати спеціально зроблений пристрій (рис. 3.9), що складається з монтажної траверси 3, по центру якого знаходиться отвір діаметром 20 мм, навпроти вказаного отвору змонтовано гайку 2, в різьбу якої загвинчується силовий гвинт 1. В свою чергу в силовому гвинті 1 виготовлено отвір під рукоятку 5, що дає нам змогу обертати гвинт 1 з прикладанням маленького зусилля працівника. На периферії траверси розміщено отвори у які встановлюються демонтажні болти 4, діаметр яких відповідає діаметру отворів у кришці генератора.

Сам процес знімання кришки генератора виглядає наступним чином. Спочатку потрібно викрутити силовий гвинт 1 у верхнє не робоче положення, далі в периферійні отвори траверси встановлюють болти 4. Після чого пристрій

співставляють з кришкою генератора і в її різьбові отвори вкручують болти 4. Далі потрібно ввести в контакт центрувальний конус силового гвинта з центрувальним отвором на валу ротора. Далі провертаючи ручку 5 силовий гвинт, знімають кришку генератора.

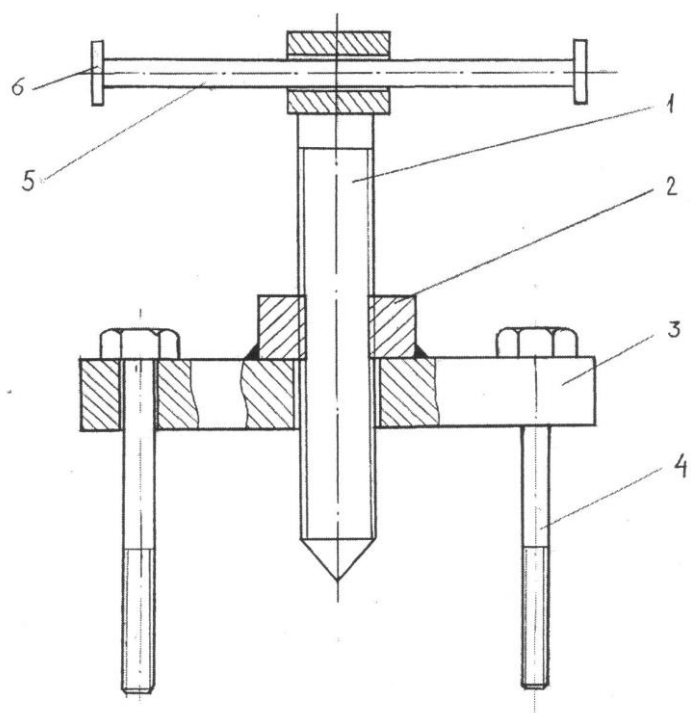


Рисунок 3.9 - Пристрій для зняття передньої кришки генератора:

- 1 – силовий гвинт; 2 – гайка; 3 – траверса; 4 – болт; 5 – ручка;  
6 – обмежувач

Для проведення розрахунку конструктивних деталей пристрою необхідно врахувати цілий ряд технологічних факторів та чинників, які визначаються параметрами генератора і технології його ремонту. У переважній більшості випадків для ремонту генератора необхідне зняття передньої кришки генератора. Для цього потрібно закручувати силовий гвинт знімача, що іноді вимагає значного зусилля. Це створює певне навантаження на гвинт, а саме осьову силу  $P_z$ . Ця сила діє вздовж осі гвинта і створює навантаження, яке необхідно враховувати при розрахунках конструктивних деталей пристрою.

Закручування гвинта з певним моментом  $T_1$  внаслідок дії колової сили руки  $S$  призводить до виникнення обертових зусиль. Важливо врахувати максимальний момент закручування, який може забезпечити рівномірний розподіл навантаження і мінімізувати ризик деформацій або пошкоджень. і створюваний ним крутний момент

В наслідок взаємодії сили та крутного моменту на силовий гвинт починає тиснути сумарна осьова сила  $P_c$ , за умови, що  $P_3$  становить 35Н, тоді виходить сумарна осьова сила  $P_c$  становитиме:

$$P_c = P_3 + P'_3 \quad (3.1)$$

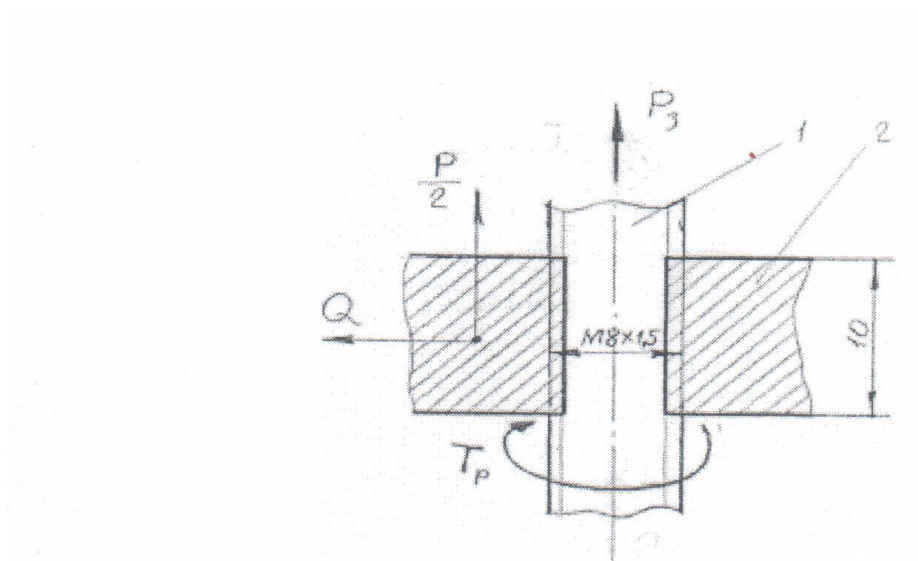


Рисунок 3.10 – Схема розрахунку межі міцності силового гвинта:

1 – силовий гвинт; 2 – упорна гайка

Значення сили  $P_3^1$  має задовольняти такі умови:

- у місці з'єднання двох деталей, що контактують не повинен відбуватись їх боковий зсув внаслідок дії тангенціальної сили  $Q$ :

$$P_3^1 \geq \frac{Q}{f_{cm}}; \quad (3.2)$$

де  $f_{cm}$  – коеф. тертя в місці з'єднання деталей ( $f_{cm} = 0,1 \dots 0,15$  для металів.

$$P_3^1 = \frac{0,5}{0,15} = 3,3 \text{ Н.}$$

Тоді  $P_c = 35 + 3,3 = 38,3 \text{ Н.}$

- необхідно забезпечити потрібну міцність контактних поверхонь та унеможливити їх змінання:

$$\sigma_{зм} \geq \sigma_{зм \min} \quad (3.3)$$

Номінальне значення напруженості змінання в місці контакту деталей розраховуємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{P'_3}{S_0}, \quad (3.4)$$

де  $S_0$  – сумарна площа контакту, мм<sup>2</sup>;

Для забезпечення надійності з'єднання необхідно встановити запас міцності, який повинен бути більше за певне мінімальне значення, яке зазвичай визначається стандартами або специфікаціями для конкретного виду з'єднань. Наприклад, для статичних навантажень запас міцності часто вимагається бути не менше 1,5...2.

Для контактних поверхонь, коли взаємодіють дві металеві поверхні, напруженість поверхонь контакту зазвичай не перевіряється. Однак, для забезпечення надійності з'єднання необхідно перевірити запас міцності контактних поверхонь. Це робиться шляхом розрахунку запасу міцності за межею текучості у з'єднанні, на яке діє статичне навантаження від силового гвинта.:

$$n_1 = \frac{\sigma_{\tau}}{\sigma_{\delta}} \geq n_{p\tau}; \quad (3.5)$$

де  $\sigma_{\tau}$  - гранично допустима межа текучості металу, з якого виготовлена кришка корпусу, МПа (для алюмінієвих сплавів  $\sigma_{\tau} = 60$  МПа);

$n_{p\tau}$  - запас міцності підходить до відповідальності конструкцій ( $n_{p\tau} = 4$ ).

Тоді для силового гвинта круглого перерізу получимо:

$$\sigma_{\delta} = \frac{4P_{розр}}{\pi \cdot d^2}; \quad (3.6)$$

Далі визначаємо розрахункове значення навантаження, під яким діє силовий гвинт  $P_{розр}$ :

$$P_{розр} = k_3 \times P_c, \quad (3.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт нерівномірності навантаження ( $k = 1,35$ ).

Звідси отримаємо:

$$P_{розр} = 1,35 \cdot 38,3 = 51,701 \text{ Н.}$$

Далі ми встановлюємо розрахункові напруження в шпильці:

$$\sigma_\delta = \frac{4 \cdot 51,7}{3,14 \cdot 256} = 0,25 \text{ Н/мм}^2.$$

Проводимо запасу міцності:

$$\frac{\sigma_\tau}{\sigma_\delta} \geq n_p \tau; \quad (3.8)$$

Звідки:

$$\frac{65}{0,25} = 260 > 4$$

Отже, ми можемо стверджувати, що на основі даних розрахунків, вказана конструкція пристрою повністю відповідає вимогам міцності з'єднань та конструктивних елементів.

### Висновки за розділом

1. У розділі наведено методику та алгоритм діагностики автомобільного генератора та його елементів.

2. Наведено методику та алгоритм діагностики автомобільного генератора та його елементів. Здійснено випробування генератора під час вибігу автомобіля в двох режимах - без навантаження та з навантаженням 220 Вт. На основі отриманих встановлено, що без навантаження генератор забезпечує бортову мережу автомобіля напругою 14,28 В, тоді як під навантаженням від споживачів відбувається значне зниження напруги до 13,25 В. На основі цього можемо зробити висновок, що за умови використання більшої кількості додаткових споживачів і систем необхідне встановлення генератора більшої потужності.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

#### 4.1 Аналіз небезпечних ситуацій під час технічного обслуговування генераторів

Під проведення ремонтних робіт забороняється торкатись виводів ЕБК руками - системи керування двигуном, оскільки мікропроцесорні, електронні компоненти ЕБК можуть бути пошкоджені та перебувати під електростатичним розрядом [3].

- Приступаючи до ремонту автомобіля (особливо, якщо операції пов'язані з демонтажем елементів системи керування двигуна), зніміть клему з негативного виводу акумуляторної батареї. При від'єднанні акумуляторної батареї від мережі автомобіля з пам'яті ЕБК будуть видалені коди несправностей.

- У багатьох випадках для перевірки елементів системи керування двигуна необхідна наявність у електричного ланцюга системи, напруга живлення. При цьому від'єднувати колодки проводів від датчиків і виконавчих елементів системи керування двигуна допускається тільки після виключення запалення.

- Від'єднувати колодку джгута проводів від ЕБК можна тільки після зняття клеми з негативного виводу акумуляторної батареї.

- При необхідності відключити акумуляторну батарею до електричної мережі автомобіля під час ремонту попередньо переконайтеся в тому, що від'єднані проводи (виводи колодок, кінці проводів) не замикають на «масу» і що запалення вимкнене. Під'єднайте спочатку клему до позитивного виводу акумуляторної батареї, а потім до негативного. Вмикайте запалювання тільки на час виконання вимірювань.

- В системі керування двигуном використовуються електронні компоненти, напруга живлення яких 5 В. Подавання на них напруги від

електричної мережі автомобіля (напруга в якій більше 12 В) призведе до виходу з ладу системи керування двигуном.

- Для перевірки системи керування двигуном використовуйте мультиметр, внутрішній опір приладу в режимі вольтметра має бути не менше 10 МОм. При необхідності для перевірки ланцюгів живлення, які перебувають під напругою 12 В, можна скористатися контрольною лампою, але потужність лампи повинна бути менше 4 Вт (підійде контрольна лампа шитка приладів А 12-1, 2-1 потужність 1,2 Вт лампа підсвічування прикурювача АМН 12-3-1-3 Вт).

- Перед запуском двигуна переконайтеся, що клеми надійно закріплені на виводах акумуляторної батареї. Щоб уникнути виходу з ладу електронних компонентів ЕБК не можна при працюючому двигуні від'єднувати клеми проводів від виводів акумуляторної батареї [3].

#### **4.2 Проектування системи вентиляції та освітлення ремонтної дільниці для обслуговування генераторів**

У усіх виробничих приміщеннях ремонтного підприємства застосовується природна, а в ряді відділів і штучна вентиляція.

Вентиляція в приміщеннях ремонтного підприємства призначена покращення умов праці, зменшення пильності і задимленості повітря, підвищення збереженості обладнання, створення сприятливого мікроклімату.

##### *Природна вентиляція дільниці*

По нормам промислового будівництва всі приміщення повинні мати наскрізне природне провітрювання. Площа критичного перерізу фрамуг, або кватирок при цьому береться 2...4 % від площі підлоги:

$$F_{\phi} = F_n \cdot 0,04 = 50 \cdot 0,04 = 2 \text{ м}^2.$$

##### *Штучна вентиляція дільниці*

Розрахунок штучної вентиляції ведеться в слідкуючій послідовності:

- вибираємо вид вентиляції в залежності від характеру виробничого процесу. При цьому керуючись наступними положеннями:



- загально-обмінну механічну вентиляцію проектують в приміщенні без виділення пилю, газів і пару. З цих міркувань на дільниці ремонту радіаторів і паливних баків приймаємо загально-обмінну механічну вентиляцію.

Величину повітрообміну розраховуємо за формулою:

$$L_n = V_o \cdot \kappa, \quad (4.1)$$

де:  $V_o$  - об'єм дільниці,  $V_o = 220,5 \text{ м}^3$ ;

$\kappa$  - кратність об'єму повітря,  $\kappa = 2$  [3], [11] .

$$L_n = 220,5 \cdot 2 = 441 \text{ м}^3/\text{г}.$$

*Розрахунок потреби дільниці в воді.* Вода на дільниці ТО і ремонту трансмісії використовується тільки на побутові потреби.

Розрахунок води на побутові потреби визначаємо виходячи з встановленої норми витрати води на одного працюючого на одну зміну – 25 літрів. Тоді річна витрата на одну зміну складе:

$$Q_o = n \cdot 251 \cdot 1 \cdot d, \quad (4.2)$$

де:  $d$  – норма витрати води за зміну;

$n$  – кількість працівників,  $n=1$ ;

$$Q_o = 251 \cdot 1 \cdot 25 \cdot 1 = 6275 \text{ л} = 6,275 \text{ м}^3.$$

*Розрахунок природного освітлення дільниці.*

При розрахунку природного освітлення дільниці підбираються відповідні віконні прорізи. Розрахунок площі вікон, яка забезпечує нормальну освітленість визначається за умови комбінованого освітлення через світлові ліхтарі на даху і через вікна по формулі [4]:

$$S = \frac{F_{dl} \cdot e_{cp} \cdot \eta_o}{100 \cdot \tau_o \cdot r_g \cdot \kappa} = \frac{50 \cdot 5 \cdot 9}{100 \cdot 0,35 \cdot 2,4 \cdot 1,7} = 16 \text{ м}^2;$$

де:  $F_{dl}$  - площа дільниці,  $F_{dl} = 50 \text{ м}^2$ ;

$e_{cp}$  - нормована середня освітленість,  $e_{cp} = 5$  ;

$\eta_o$  - світлова характеристика вікна  $\eta_o = 9$  ;

$\tau_o$  - загальний коефіцієнт світло пропускання  $\tau_o = 0,35$ ;

$\tau_g$  - коефіцієнт враховуючий вплив відбитого світла  $\tau_g = 2,4$ ;

$K$  - коефіцієнт враховуючий затінення вікон,  $K = 1,7$ .

У такий спосіб із приведеного розрахунку бачимо, що площа вікон складе  $S = 16 \text{ м}^2$ .

*Розрахунок штучного освітлення ділянки.*

Кількість ламп необхідних для штучного освітлення ділянки визначаємо по формулі:

$$n = \frac{E_{cp} \cdot F_{dl} \cdot K}{F_o \cdot \eta}; \quad (4.3)$$

де:  $E_{cp}$  - середня освітленість на ділянці  $E_{cp} = 190$  люм;

$F_{dl}$  - площа ділянки,  $F_{dl} = 50 \text{ м}^2$ ;

$K$  - коефіцієнт запасу освітленості  $K = 2,35$ ;

$F_o$  - світловий потік обраної лампи  $F_o = 3800$  люмен, при потужності лампи 80 Вт. Вибираємо лампи люмінесцентні загального призначення типу ЛДЦ.

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,59$ .

Тоді:

$$n = \frac{190 \cdot 50 \cdot 2,35}{3800 \cdot 0,59} = 9,96 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n = 10$  ламп.

Щоб уникнути стробоскопічного ефекту, яке може мати місце при використанні люмінесцентних ламп, поєднуємо в один світильник по дві лампи. Загальне число світильників на ділянці  $N_{ce} = 5$  світильників.

### **Висновки за розділом**

1. У розділі проаналізовано виробничі фактори та чинники, що створюють потенційну загрозу життю і здоров'ю працівника діагностичної ділянки СТОА. Наведено норми, яких слід дотримуватись під час виконання робіт та після їх завершення.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Техніко-економічне обґрунтування ділянки з сервісного обслуговування автомобілів

Результати розрахунку виробничої програми приведені в таблиці 5.1 [8].

Таблиця 5.1 - Вихідні дані для розрахунку економічного розділу

№ з.п	Показники	Одиниці виміру	Числові значення
1	2	3	4
4	Марка рухомого складу	-	Dacia Logan, Skoda Fabia
2	Середньоспискова кількість	одн.	728
3	Дні роботи підрозділу	дні	255
4	Категорія умов експлуатації	-	III
5	Середньодобовий пробіг	км	30
6	Коефіцієнт випуску	-	0,95
7	Загальний річний пробіг усіх автомобілів	тис. км.	4500
8	Кількість технічних дій ТО в повному об'ємі	-	-
9	Процент трудомісткості що приходить на підрозділ від окремих видів технічних дій: -ТО в повному обсязі - ПР	% %	- 100
10	Трудомісткість робіт за підрозділом	люд. год.	11990
11	Фонд робочого часу	год/рік	2070
12	Чисельність виробничих робітників	чол.	7
13	Середній розряд робітників	од.	4
14	Режим роботи підрозділу	змін	1
15	Площа ділянки	м <sup>2</sup>	295,2

## 5.2 Економічне обґрунтування основних та виробничих фондів

Загальна вартість основних фондів складається з вартості будівель, споруд, обладнання. Вартість будівель та споруд визначається по показникам витрат на  $1\text{ м}^3$  об'єму приміщення виробничого підрозділу.

Розрахунок об'єму будівлі [7]:

$$V_B = F \cdot h, \text{ м}^3 \quad (5.1)$$

де  $F = 324$  - площа будівлі,  $\text{м}^2$ ;

$h = 4.0$  - висота будівлі, м.

$$V_B = F \cdot h = 295.2 \cdot 4,0 = 1180.8 \text{ м}^3.$$

Вартість будівель та споруд пункту ТО і ПР.

Вартість будівель зони ПР :

$$B_{\bar{oc}} = B_{\bar{oc}} \cdot V_{\bar{o}}, \text{ грн.}; \quad (5.3)$$

де  $B_{\bar{oc}}$  - вартість  $1\text{ м}^3$  виробничої будівлі ( приймається для приміщень виробничих діляниць, постів та відділень: ПР = 19,2 грн);

$V_{\bar{o}} = 1180.8$  – об'єм будівель зони ТО,  $\text{м}^3$ .

$$B_{\bar{oc}} = B_{\bar{oc}} \cdot V_{\bar{o}.пр.} = 19.2 \cdot 1180.8 = 22671 \text{ грн.}$$

Загальна вартість:

$$B_{\bar{oc}} = \Sigma B_{\bar{oc}} = 22671 = 22671 \text{ грн}$$

Вартість виробничого обладнання визначається по його переліку з врахуванням витрат на доставку і монтаж:

$$B_{\bar{o}\bar{o}} = 1,2 \cdot B_{\bar{oc}} = 1,2 \cdot 22671 = 27205 \text{ грн.}$$

5.2.4 Загальна вартість основних виробничих фондів.

$$\Phi_{осн.} = (B_{\bar{o}\bar{o}} + B_{\bar{oc}}) \cdot K_{ини} \cdot K_{инд} \text{ грн.};$$

де  $K_{ини} = 1,2$  - коефіцієнт, який враховує інші основні фонди;

$K_{инд} = 2,38$  - коефіцієнт, що враховує рівень індексу зростання цін в будівництві.

Таким чином:

$$\Phi_{осн.} = (B_{об} + B_{бс}) \cdot K_{ини} \cdot K_{инд} = (22617 + 27205) \cdot 1.2 \cdot 2.38 = 142446 \text{ грн.}$$

Амортизація основних фондів на повне відновлення:

$$A_в = \Phi_{осн} \cdot H_в, \text{ грн.}; \quad (5.5)$$

де  $H_в$  – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення (приймаємо 0,13);

$$A_в = \Phi_{осн} \cdot H_в = 142446 \cdot 0,13 = 18518 \text{ грн.}$$

Чисельність основних виробничих робітників  $N_{осн} = 7$  чол.

Розділяємо штатну кількість робітників за розрядами і визначаємо середній розряд.

Таблиця 5.2 - Розподіл виробничих робітників за розрядами

Розряд	2	3	4	5	6
Кількість робітників	1	1	3	1	1

$$R_{сер} = \frac{R_2 \cdot N_2 + R_3 \cdot N_3 + R_4 \cdot N_4 + R_5 \cdot N_5 + \dots + R_n \cdot N_n}{N_n} \quad (5.6)$$

де  $R_2, R_3, R_4, R_5, \dots, R_n$  – розряди;  $N_2, N_3, N_4, N_5, \dots, N_n$  - кількість робітників.

$$R_{сер} = \frac{2 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 4 \cdot 3 + 5 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{7} = 4.0$$

Чисельність допоміжних робітників

$$N_{доп} = N_{осн} \cdot K_{доп}, \quad (5.7)$$

де  $K_{доп} = 0,27$ - коефіцієнт, який враховує допоміжні роботи.

$$N_{доп} = N_{осн} \cdot K_{доп} = 7 \cdot 0,27 = 1,83 \text{ чол.}$$

Приймаємо кількість допоміжних робітників рівною  $N_{доп} = 2$  чол.

Чисельність керівних працівників та спеціалістів:

$$N_{спец} = K_{спец} \cdot (N_{осн} + N_{доп}), \quad (5.8)$$

де  $K_{спец} = 0,15$ - коефіцієнт, який враховує чисельність керівних працівників і спеціалістів.

$$N_{спец} = K_{спец} \cdot (N_{осн} + N_{доп}) = 0.15 \cdot (7 + 2) = 1,35 \text{ чол.}$$

Приймаємо кількість керівних працівників та спеціалістів рівною  $N_{спец}$   
= 2 чол.

### 5.3 Визначення змінних затрат на обслуговування автомобілів

Витрати на ремонтні матеріали для всіх підрозділів, крім діагностики визначаються з врахування норм витрат на 1000 км пробігу та загального пробігу автомобілів. Визначаємо витрати на матеріали:

Для ПР :

$$V_{МПР} = \frac{L_{заг}}{1000} \cdot H_{МПР} \cdot K_e \cdot K_{МВБ} \cdot K_{інд}, \text{ грн.};$$

$$V_{МПР} = \frac{4500000}{1000} \cdot 6,96 \cdot 1,25 \cdot 25 \cdot 2,38 = 2329425 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на матеріали:

$$V_{МЗАГ} = V_{МПР}, \text{ грн.}; \quad (5.9)$$

$$V_{МЗАГ} = 2329425 \text{ грн.}$$

Витрати на запасні частини:

$$V_{з.ч.} = \frac{L_{заг}}{1000} \cdot H_{з.ч.} \cdot K_e \cdot K_{МВБ} \cdot K_{інд}, \text{ грн.}; \quad (5.10)$$

де  $H_{з.ч.}$  - норма витрати на запасні частини, дол./1000 км

$$V_{з.ч.} = \frac{4500000}{1000} \cdot 6,28 \cdot 1,15 \cdot 25 \cdot 2,38 = 2101837, \text{ грн.}$$

Матеріальні витрати:

$$VM = V_{М.ЗАГ} + V_{з.ч.}, \text{ грн.}; \quad (5.11)$$

$$VM = 2329425 + 2101837 = 4431262 \text{ грн.}$$

Економія матеріальних витрат:

$$E_{МВ} = \frac{VM \cdot P_{емв}}{100}, \text{ грн.}; \quad (5.12)$$

де  $P_{емв}$  - процент економії матеріальних витрат (приймаємо 8%);

$$E_{MB} = \frac{4431262 \cdot 8}{100} = 354501 \text{ грн.}$$

Ремонтний фонд:

$$P_{\Phi} = \Phi_{осн} \cdot K_{рм}, \text{ грн.}; \quad (5.13)$$

де  $K_{рм}$  – коефіцієнт, який враховує ремонтний фонд (приймаємо 0,08);

$$P_{\Phi} = 142446 \cdot 0,08 = 11396 \text{ грн.}$$

Загальна величина матеріальних витрат:

$$MB_{заг} = BM + P_{\Phi} + (-E_{мв}), \text{ грн.} \quad (5.14)$$

$$MB_{заг} = 4431262 + 11396 - 354501 = 4088157 \text{ грн.}$$

Інші витрати:

$$B_{інш} = (BBO + B_{с.з.}) \cdot K_{інш}, \text{ грн.};$$

$K_{інш}$  – коефіцієнт, який враховує інші витрати (приймаємо 1,2);

$$B_{інш} = (305955 + 156037) \cdot 1,2 = 554390 \text{ грн.}$$

#### 5.4 Розрахунок загальної собівартості робіт

Під калькуляцією собівартості робіт розуміють визначення витрат на одиницю продукції. Калькуляція собівартості складається на основі попередніх розрахунків окремих витрат. Результати зводяться в таблицю 5.3.

Витрати на 1000 км пробігу для зони ПР визначаємо за формулою:

$$S_{пр.ПР} = \frac{B_{заг}}{L_{заг}} \cdot 1000, \text{ грн/1000 км.}; \quad (5.15)$$

$$B_{заг} = BOП + B_{с.з.} + MB_{заг} + A_{в} + B_{інш}, \text{ грн.}; \quad (5.16)$$

$$B_{заг} = 305955 + 156037 + 4088157 + 18518 + 554390 = 5123057 \text{ грн.};$$

$$S_{пр.ПР} = \frac{5123057}{4500000} \cdot 1000 = 1138,46 \text{ грн/1000 км.}$$

Питома вага окремих витрат в загальній собівартості визначаються за формулою:

$$П_{B1} = \frac{ВОП}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{305955}{5123057} \cdot 100\% = 5,97\%$$

$$П_{B2} = \frac{B_{с.з.}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{156037}{5123057} \cdot 100\% = 3,05\%$$

$$П_{B3} = \frac{MB_{заг}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{4088157}{5123057} \cdot 100\% = 79,8\%$$

$$П_{B4} = \frac{A_6}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{18518}{5123057} \cdot 100\% = 0,36\%$$

$$П_{B5} = \frac{B_{інш}}{B_{заг}} \cdot 100\% = \frac{554390}{5123057} \cdot 100\% = 10,82\%$$

Собівартість окремих станцій для зони ПР, виробничих приміщень та відділень:

$$S_1 = \frac{ВОП}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{305955}{4500000} \cdot 1000 = 67,99 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_2 = \frac{B_{с.з.}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{156037}{4500000} \cdot 1000 = 34,67 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_3 = \frac{MB_{заг}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{4088157}{4500000} \cdot 1000 = 908,48 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_4 = \frac{A_6}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{18518}{4500000} \cdot 1000 = 4,12 \text{ грн/1000 км.};$$

$$S_5 = \frac{B_{інш}}{L_{заг}} \cdot 1000 = \frac{554390}{4500000} \cdot 1000 = 123,20 \text{ грн/1000 км.}$$

Отримані в результаті розрахунків дані заносимо в таблицю 5.3

Визначення техніко-економічних показників ділянки

Планово-розрахункова ціна:

$$Ц_{пл.р.ПР} = S_{пр.ПР} \cdot K_p, \text{ грн.} \quad (5.17)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт, який враховує планову рентабельність  $K_p = 1,15 \dots 1,5$  (приймаємо 1,35);

$$Ц_{пл.р.ПР} = 1138,46 \cdot 1,15 = 1309 \text{ грн.}$$



Таблиця 5.3 – Калькуляція собівартості робіт

N n/n	Витрати	Умовні позначення	Сумарні витрати, грн	Витрати на 1000 км пробігу	Питома вага, %
1.	Витрати на оплату праці	ВОП	305955	67,99	5,97
2.	Відрахування на соціальні заходи	В <sub>с.з</sub>	1560,37	34,67	3,05
3.	Матеріальні витрати	МВ <sub>заг</sub>	4088157	908,48	79,8
4.	Амортизація основних фондів	А <sub>в</sub>	18518	4,12	0,36
5.	Інші витрати	В <sub>інш</sub>	554390	123,20	10,82
	<b>Всього</b>	<b>В<sub>заг</sub></b>	<b>5123057</b>	<b>1138,46</b>	<b>100%</b>

Визначення загальної суми доходів для зони ПР та виробничих підрозділів:

$$D_{np} = \frac{L_{заг}}{1000} \cdot Ц_{пл.р.ПР}, \text{ грн.}; \quad (5.18)$$

Підставивши дані в формулу отримаємо:

$$D_{np} = \frac{4500000}{1000} \cdot 1309 = 5890500 \text{ грн.}$$

Прибуток балансований:

$$П_{\bar{o}} = D - B_{заг} = 5890500 - 5123057 = 767443 \text{ грн.};$$

Платежі в бюджет від прибутку:

$$П_{\bar{o}юд} = П_{\bar{o}} \cdot 0,3 = 767443 \cdot 0,3 = 230233 \text{ грн.};$$

Річний економічний ефект становить [18]:

$$E_{річ} = E_{заг} - E_n \cdot K, \text{ грн.};$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень (приймаємо 0,15);

$$E_{річ} = 399130 - 0,15 \cdot 142446 = 377763 \text{ грн.};$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_{ок} = \frac{K}{П_{\delta}}, \text{ років;} \quad (5.19)$$

$$T_{ок} = \frac{142446}{767443} = 0,2 \text{ року.}$$

Розрахунок фондівіддачі:

$$\Phi_B = \frac{Д}{\Phi_{осн}} \quad (5.20)$$

$$\Phi_B = \frac{5890500}{142446} = 41,3 \text{ грн./1грн}$$

Фондоємність:

$$\Phi_c = \frac{\Phi_{осн}}{Д}; \quad (5.21)$$

$$\Phi_c = \frac{142446}{5890500} = 0,024 \text{ грн./1грн.}$$

Продуктивність праці в грошовому виразі:

$$ПП_в = \frac{Д}{N_{осн}}, \text{ грн.}; \quad (5.22)$$

$$ПП_в = \frac{5890500}{7} = 841500 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.4 - Основні техніко економічні показники

№ п/п	Показники роботи	Умовні позначення	Одиниці виміру	Числові значення
1.	Продуктивність праці в грошовому виразі	$ПП_в$	грн.	841500
2.	Середньо місячна заробітна праця	$ЗП_{рем}$	грн.	12829,32
3.	Собівартість продукції: -ПР	$S_{пр.ПР}$	$\frac{грн}{1000км}$	1138,46
4.	Планово розрахункова ціна: -ПР	$Ц_{пл.р.ПР}$	$\frac{грн}{1000км}$	1309
5.	Фондовіддача	$\Phi_B$	грн./1грн.	41,3
6.	Фондоємність	$\Phi_c$	грн./1грн.	0,024
7.	Річний економічний ефект	$E_{річ}$	грн.	377763
8.	Термін окупності капіталовкладень	$T_{ок}$	рік	0,18

## **Висновки за розділом**

1. В даному розділі проведено економічне обґрунтування діяльності ділянки з обслуговування автомобілів. Доведено, що після розширення фронту робіт річний економічний ефект становитиме 377763 грн., а термін окупності - 0,2 роки.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі здійснено огляд основних типів конструкцій та особливостей роботи електричних та електронних бортових мереж автомобілів. Проведено аналіз конструкцій та принципу роботи джерел струму - генераторних установок змінного струму та акумуляторних батарей постійного струму, встановлено заходи щодо забезпечення їх ефективної роботи.

2. Проведено конструкційний аналіз генераторних установок змінного струму, їх основних складових, параметрів та режимів роботи. Наведено алгоритм та методику діагностики автомобільного генератора та його елементів.

3. Здійснено випробування генератора під час вибігу автомобіля в двох режимах - без навантаження та з навантаженням 220 Вт. На основі отриманих встановлено, що без навантаження генератор забезпечує бортову мережу автомобіля напругою 14,28 В, тоді як під навантаженням від споживачів відбувається значне зниження напруги до 13,25 В. На основі цього можемо зробити висновок, що за умови використання більшої кількості додаткових споживачів і систем необхідне встановлення генератора більшої потужності

5. Окреслено основний перелік негативних виробничих чинників та факторів, що створюють потенційну загрозу життю і здоров'ю працівника діагностичної дільниці СТОА. Наведено норми, яких нам слід дотримуватись під час виконання робіт та після їх завершення.

6. Проведено економічне обґрунтування діяльності дільниці з обслуговування автомобілів, зокрема дільниць. Доведено, що після розширення фронту робіт річний економічний ефект становитиме 377763 грн., а термін окупності - 0,2 роки.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Products and services mobility [Електронний ресурс] : Режим доступу: [https://ua.bosch-automotive.com/uk/parts\\_and\\_accessories/motor\\_and\\_sytems/diesel/engine\\_management\\_2/engine\\_control\\_unit\\_1](https://ua.bosch-automotive.com/uk/parts_and_accessories/motor_and_sytems/diesel/engine_management_2/engine_control_unit_1)
2. Tom Denton. Automobile mechanical and electrical systems. New York, NY : Routledge, 2018. 379 p.
3. Безпека життєдіяльності [Текст] : підруч. для студ. с.-г. вузів / І. П. Пістун [та ін.]. Львів : Світ, 1995. 288 с
4. Білявський Г.О. Основи загальної екології, К.: Наукова думка, 1993.
5. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
6. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ.: Держстандарт України, 1995. 123 с. 21.
7. Економічний потенціал підприємства: формування та використання. 2-ге вид. перероб. та доп.: підручник / Н. В. Касьянова, Д. В. Солоха, В. В. Морєва, О. В. Белякова, О. Б. Балакай. Київ : "Центр учбової літератури". 2013. 248 с
8. Електричне та електронне обладнання автомобілів : навчальний посібник (частина I) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 145 с.
9. Електронні автомобільні системи [Електронний ресурс]. Режим доступу : URL : <https://www.denso-am.eu/ua/products/engine-management-systems/lambda-sensors>.
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. Організація і управління. К.: Знання-Прес, 2004. 478 с.

11. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с.
12. Олег Сукач, Олег Миронюк, Віктор Шевчук. Методичні рекомендації для виконання кваліфікаційної роботи здобувачами першого бакалаврського рівня вищої освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт». Дубляни, 2023. 50 с.
13. Основи економіки транспорту : підручник / Щелкунов В. І., Кулаєв Ю. Ф., Зайончик Л. Г., Загорулько В. М. [та ін.]. Київ: Кондор, 2011. 392 с.
14. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. Навчальний посібник для ВНЗ., К. Каравела 2004. 304 с.
15. Строков О.П. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів: Підручник / О.П. Строков К.: Грамота, 2005. 350 с.
16. Технологічне проектування автотранспортних підприємств: Навч. посіб. / За ред. проф. С.І. Андрусенка. К.: Каравела, 2009. 368 с.
17. Технологія відновлення деталей та ремонту автомобілів: навчальний посібник / О. С. Полянський, Б. В. Савченков, Є. О. Дубінін та ін. Х.: ХНАДУ, 2012. 320с.
18. Ткачук В. І. Елекромеханотроніка. Підручник . Львів. Видавництво Львівської політехніки. 2006 . 440 с.
19. Ткачук К. Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві. К.: Техніка, 1991.