

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ І БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

К В А Л І Ф І К А Ц І Й Н А Р О Б О Т А

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “ **Розробка ділянки для ремонту автомобільних
генераторів з удосконаленням стенду для їх перевірки** ”

Виконав: студент IV курсу групи Ат-42сп
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Олег ВОВЧИНА

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

Вовчина Олег Михайлович. Розробка дільниці для ремонту автомобільних генераторів з удосконаленням стенду для їх повірки. Дубляни: Дубляни: ЛНУВМБ, 2025. 65 с.

Табл. 9; рис. 26; бібліогр. джерел 20.

У даній роботі проведено комплексний аналіз та модернізацію ділянки ремонту електричного обладнання легкових автомобілів із удосконаленням стенду для діагностики та перевірки автомобільних генераторів і стартерів.

Розглянуто основні види ремонту, системи живлення автомобіля, а також проведено розрахунки трудомісткості та визначено необхідну кількість робочих постів для ефективної роботи дільниці.

Виконано аналіз існуючих стендів, виявлено їхні недоліки та запропоновано схему частотно-регульованого електроприводу, що забезпечує плавне регулювання швидкості обертання привідного двигуна в діапазоні 1000–5000 об/хв. Проведено вибір асинхронного двигуна, перетворювача частоти, розроблено функціональні та електричні схеми модернізованого стенду.

Окремо опрацьовано заходи з охорони праці при роботі зі стендом. Економічна оцінка показала, що термін окупності модернізації становить менше одного року, що підтверджує доцільність та ефективність запропонованих заходів.

Ключові слова: діагностика автомобільних генераторів, стартери, електропривод, перетворювач частоти, асинхронний двигун, регулювання швидкості обертання, ремонт електрообладнання

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
 1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ	 8
1.1 Ааналіз системи живлення	8
1.2 Аналіз роботи генератора.....	8
1.3 Аналіз роботи стартера.....	19
1.4 Обґрунтування теми роботи.....	24
 2 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ.....	26
2.1 Вихідні дані для організації технічного обслуговування автомобіля.....	26
2.2 Оцінка трудомісткості робіт при технічному обслуговуванні автомобіля	27
2.3 Аналіз методів організації технологічного процесу.....	29
2.4 Розрахунок кількості постів та чисельності персоналу для зони діагностики.....	33
2.5 Визначення кількості устаткування.....	34
 3 УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГЕНЕРАТОРІВ.....	39
3.1 Аналіз несправностей електрообладнання автомобіля.....	39
3.2 Огляд і вибір стендів для діагностики генераторів.....	42
3.3 Розробка схеми удосконалення і підбір обладнання	47
3.4 Вибір перетворювача частоти для електричної схеми	48
3.5 Опис проведення діагностики.....	54

4. ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	57
4.2 Вимоги техніки безпеки при експлуатації стенду	58
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	60
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Сучасний стан автомобільного транспорту вимагає високої надійності, ефективності та безперебійної роботи усіх систем і агрегатів, зокрема електрообладнання. Автомобільний генератор — один з ключових елементів електричної системи, що забезпечує живлення споживачів електроенергії під час роботи двигуна та заряджання акумуляторної батареї. Від його справності значною мірою залежить стабільна робота усіх електронних систем автомобіля, включаючи системи безпеки, освітлення, керування двигуном та комфорт. [1]

У зв'язку з інтенсивною експлуатацією транспортних засобів генератори зазнають значного зносу, що призводить до зниження їх ефективності або повного виходу з ладу. У багатьох випадках доцільним є не заміна генератора, а його ремонт, що дозволяє суттєво знизити витрати та скоротити обсяги відходів. Однак ефективність ремонту значною мірою залежить від правильно організованої ремонтної ділянки та наявності сучасного випробувального обладнання, зокрема стендів для перевірки працездатності генераторів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка ділянки для ремонту автомобільних генераторів з удосконаленням стенду для їх повірки. У роботі здійснюється аналіз сучасного стану технічного обслуговування і ремонту генераторів, вибір обладнання, обґрунтування технологічного процесу та технічне вдосконалення стенду, що дозволить підвищити точність та достовірність результатів перевірки. Окрему увагу приділено питанням охорони праці та енергоефективності.

Актуальність теми обумовлена потребою у підвищенні якості технічного обслуговування електрообладнання автомобілів в умовах сервісних станцій та ремонтних підприємств, а також необхідністю модернізації існуючих засобів діагностики, які часто не відповідають сучасним вимогам.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ АВТОМОБІЛЯ І ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

1.1 Аналіз системи живлення

Більшість систем та пристроїв сучасного автомобіля функціонують за рахунок електроенергії. До основних електроспоживачів належать: стартер, система зовнішнього та внутрішнього освітлення, вентилятори опалення і кондиціонування, електрообігрівачі (наприклад, заднього скла), аудіо- та навігаційні системи, блоки керування двигуном, системи активної безпеки, а також численні електронні модулі, що забезпечують комфорт і функціональність.

Живлення цих пристроїв здійснюється через систему електропостачання, центральним елементом якої є генератор змінного струму. Під час роботи двигуна генератор забезпечує електроенергією як усі активні споживачі, так і процес заряджання акумуляторної батареї. Завдання системи заряджання — підтримувати стабільну напругу у бортовій мережі та своєчасно відновлювати заряд акумулятора, який має бути повністю зарядженим після завершення кожної поїздки. У протилежному випадку виникає ризик запуску двигуна, а також починається деградація акумуляторної батареї внаслідок сульфатації свинцевих пластин, що значно скорочує її строк служби. [2]

Основними елементами системи заряджання є: двигун внутрішнього згоряння, генератор змінного струму, акумуляторна батарея, замок запалювання, контрольна лампа заряду акумулятора на панелі приладів, регулятор напруги та з'єднувальні проводи.

1.2 Аналіз роботи генератора

Генератор, встановлений у підкапотному просторі на кронштейні блоку двигуна, приводиться в обертання колінчастим валом через ремінну передачу.

Його робота базується на перетворенні механічної енергії обертання в електричну енергію змінного струму. Після випрямлення та стабілізації струм подається до споживачів і акумулятора. Потужність генератора повинна бути достатньою для одночасного живлення всіх активних споживачів та заряджання розрядженого акумулятора. У режимі, коли акумулятор повністю заряджений і електроспоживання мінімальне, вихідна потужність генератора істотно знижується — практично до нуля, що забезпечує енергозбереження та зменшення навантаження на двигун.

На панелі приладів водія розміщено контрольну лампу (індикатор заряду), яка сигналізує про несправності або відсутність заряджання, що може бути пов'язано з обривом приводу генератора, несправністю регулятора напруги, виходом з ладу діодного випрямляча або пошкодженням обмоток.

Конструктивно генератор складається з таких основних елементів (рис. 1.1):

- Корпус — алюмінієва або сталева деталь, яка виконує функцію кріплення до двигуна та забезпечує захист внутрішніх елементів генератора від механічних пошкоджень і забруднень. [7]

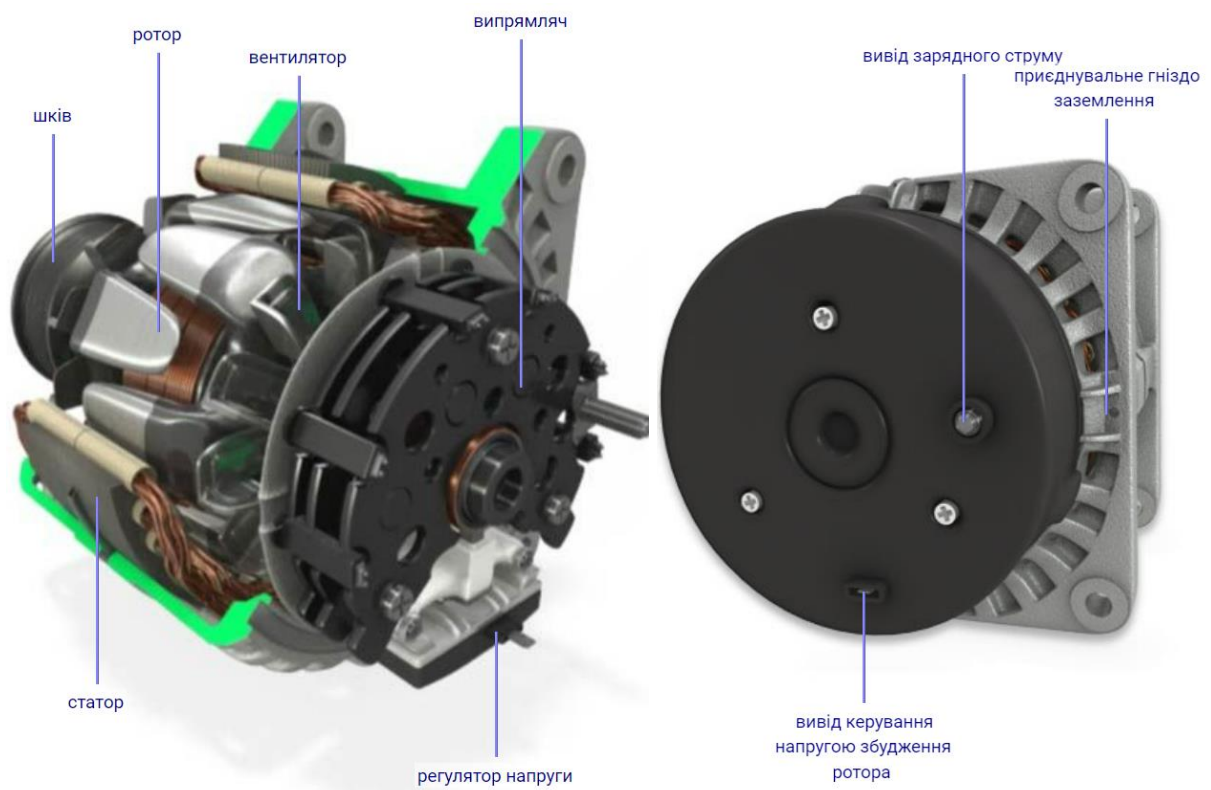


Рисунок 1.1 – Будова автогенератора

- Шків — передає крутний момент від двигуна на вал генератора за допомогою приводного ремня.
- Ротор — рухома частина, що створює змінне магнітне поле під час обертання. Зазвичай містить обмотку збудження.
- Статор — нерухома частина, що містить трифазну обмотку. В результаті взаємодії зі змінним магнітним полем ротора в обмотках статора індукується змінний струм.
- Випрямляч (діодний міст) — перетворює змінний струм статора в постійний струм, необхідний для роботи більшості автомобільних систем.
- Регулятор напруги — автоматично підтримує стабільну напругу в мережі автомобіля, зазвичай в межах 13,8–14,4 В, незалежно від обертів двигуна та навантаження.
- Вентилятор — забезпечує примусове охолодження генератора, запобігаючи перегріву під час інтенсивної роботи.

Сучасні генератори також можуть мати вбудовані регулятори напруги, датчики температури, електронні схеми керування, системи адаптації під навантаження (наприклад, "розумні" генератори зі змінним струмом збудження) та інші інтелектуальні функції, що підвищують ефективність електропостачання автомобіля.

Генератор змінного струму здатен генерувати електричну напругу лише за умови наявності магнітного поля в обмотках статора, яке створюється збудженням обмотки ротора. Поява електрорушійної сили (ЕРС) у статорі безпосередньо залежить від наявності магнітного потоку, що змінюється при обертанні ротора всередині статора.

Магнітне поле в генераторі формується завдяки протіканню струму через обмотку збудження ротора. Цей струм, проходячи по витках котушки, створює електромагнітне поле, яке є необхідним для індукції змінної напруги у фазних обмотках статора. Оскільки сам генератор ще не виробляє напругу при нерухомому двигуні, для ініціації процесу генерації необхідне так зване попереднє (початкове) збудження.

Попереднє збудження забезпечується ще до запуску двигуна: електричний струм надходить до обмотки збудження ротора через замок запалювання та через індикаторну лампу заряду на панелі приладів. Ця лампа, з'єднана послідовно в коло збудження, обмежує струм до безпечного рівня і водночас візуально інформує водія про початок процесу заряджання. У момент увімкнення запалювання, до початку обертання генератора, індикаторна лампа світиться, що свідчить про наявність попереднього збудження (рис. 1.2).

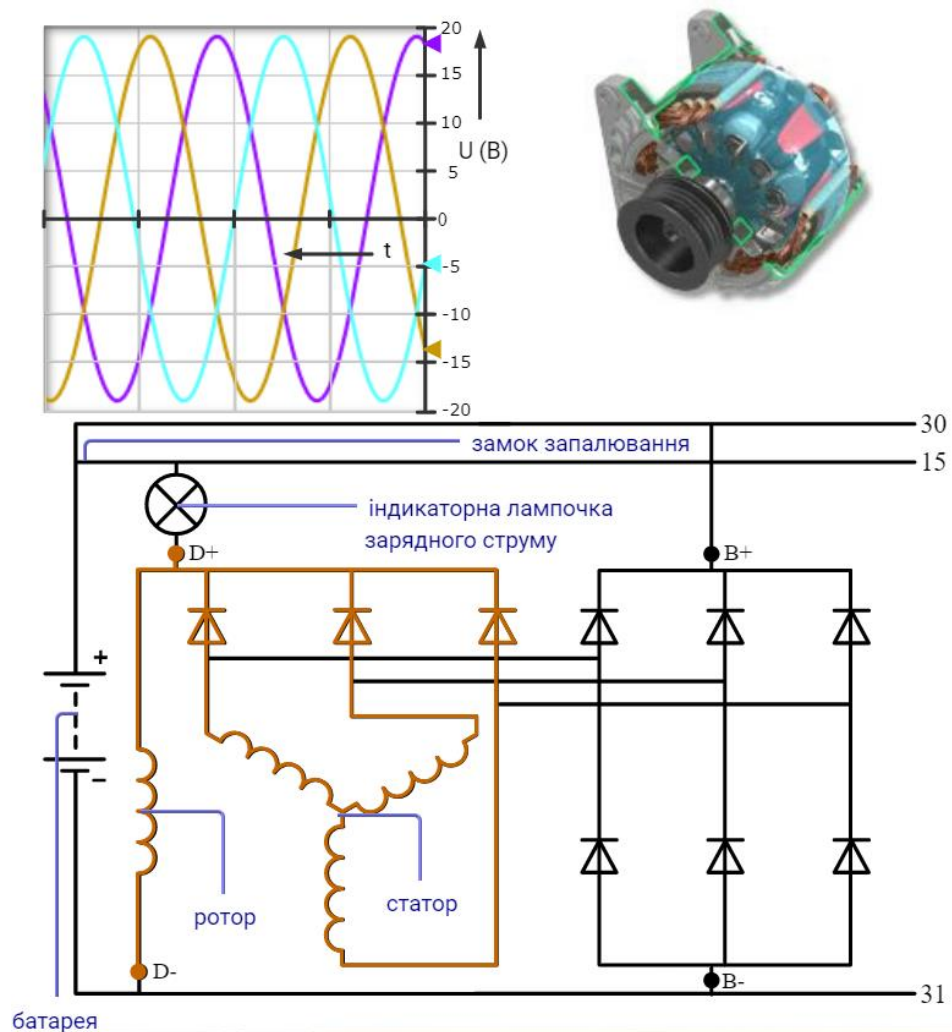


Рисунок 1.2 – Схема роботи і збудження генератора

Після запуску двигуна внутрішнього згоряння колінчастий вал через приводний ремінь передає обертальний момент до ротора генератора, що спричиняє його обертання всередині статора. У результаті взаємодії магнітного поля, створеного у збуджувальній обмотці ротора, з обмотками

статора, згідно з законом електромагнітної індукції, в них починає генеруватись трифазна змінна напруга.

На цьому етапі генератор переходить до режиму самозбудження: частина згенерованого ним електричного струму спрямовується через регулятор напруги назад до обмотки збудження ротора. Це дозволяє підтримувати необхідне магнітне поле без залучення зовнішнього джерела живлення. Таким чином, з моменту обертання ротора генератор функціонує автономно, стабільно забезпечуючи живлення бортової електромережі автомобіля.

Одночасно із запуском генерації напруги спрацьовує й контрольна система. Індикаторна лампа заряду на панелі приладів гасне — це свідчить про те, що напруга на вихідній клемі генератора стала рівною або вищою за напругу з протилежного боку лампи (тобто напруга на клемі «D+» дорівнює напрузі на «B+»). Таким чином зникає різниця потенціалів, струм через лампу не протікає, і вона вимикається, що є ознакою нормального функціонування системи заряджання. [4]

Для підключення до зовнішніх електричних ланцюгів автомобіля генератор має кілька стандартних клем:

- ◆ B+ — основна вихідна клемка, через яку подається зарядний струм до акумуляторної батареї та бортової електромережі;
- ◆ D+ — клемка контролю напруги збудження, підключена до контрольної лампи заряду та в деяких конструкціях — до регулятора напруги;
- ◆ D– (або "масова" клемка)** — точка з'єднання генератора з «мінусом» акумулятора або кузовом автомобіля (заземлення).

Формування вихідної напруги відбувається у кілька етапів:

1. Генерація змінної напруги. При обертанні збудженого ротора всередині трифазної обмотки статора в кожній з фаз індукується синусоїдна напруга змінного струму. Це є прямим результатом електромагнітної індукції, викликаній змінним магнітним потоком, що перетинає обмотки.

2. Випрямлення струму. Змінна напруга, що утворюється в обмотках статора, подається на випрямний блок (діодний міст), де перетворюється на

пульсуючу постійну напругу. Кожна фаза під'єднана до діодів, які проводять струм лише в одному напрямку, тим самим формуючи однополярну напругу на виході.

3. Пульсація напруги. Навіть після випрямлення, вихідна напруга генератора має характерні пульсації (рис. 1.3), оскільки форма вихідного сигналу є результатом поєднання випрямлених синусоїд із трьох фаз. Однак ці пульсації значно згладжуються інерційністю акумуляторної батареї та є прийнятними для роботи більшості автомобільних електросистем.

Завдяки такій конструкції та принципу дії, генератор автомобіля виконує дві ключові функції: постійне живлення електроспоживачів під час роботи двигуна та заряджання акумуляторної батареї, забезпечуючи стабільну роботу електроніки та стартової системи транспортного засобу.

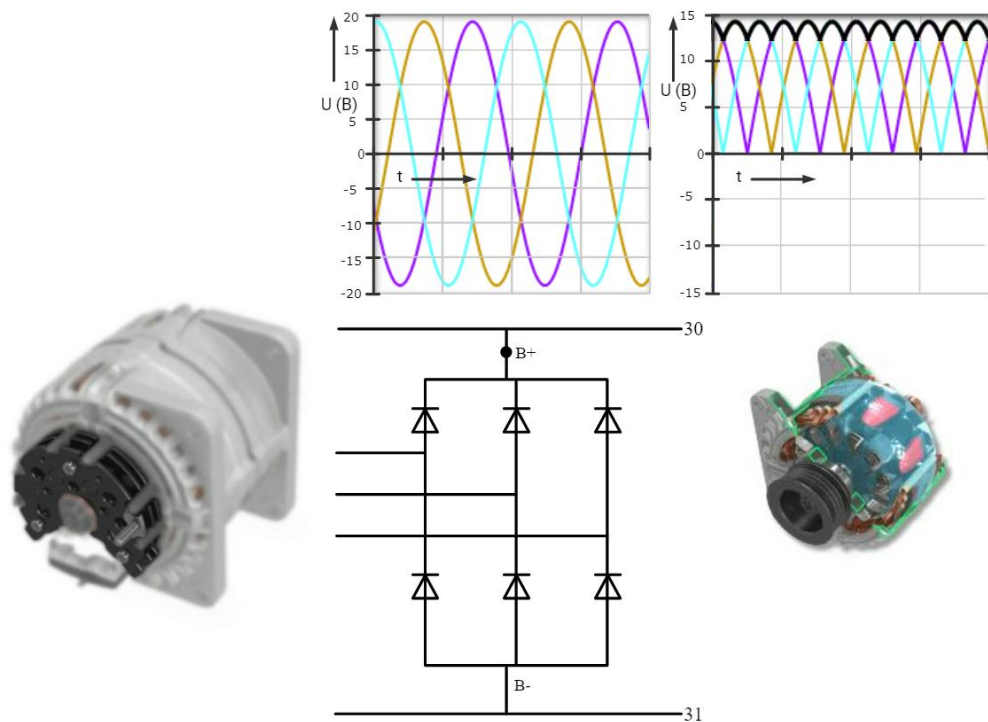


Рисунок 1.3 – Вирівнювання змінного струму

Регулятор напруги (рис. 1.4) — це електронний або електромеханічний пристрій, що є невід'ємною частиною сучасного генератора змінного струму. Його основне завдання полягає в автоматичному підтриманні стабільного рівня вихідної напруги генератора незалежно від зміни обертів двигуна, навантаження електроспоживачів або температурних коливань. [5]

Після випрямлення трифазної змінної напруги, що генерується в обмотках статора, утворюється пульсуюча постійна напруга. Ця напруга подається на вхід регулятора, де аналізується та порівнюється з еталонним (допустимим) рівнем. Якщо вихідна напруга генератора зростає вище встановленого значення (зазвичай у межах 13,8–14,4 В), регулятор зменшує струм у обмотці збудження ротора, що призводить до ослаблення магнітного поля та зниження генерованої напруги. Якщо ж напруга знижується — регулятор збільшує струм збудження, відновлюючи її до необхідного рівня.

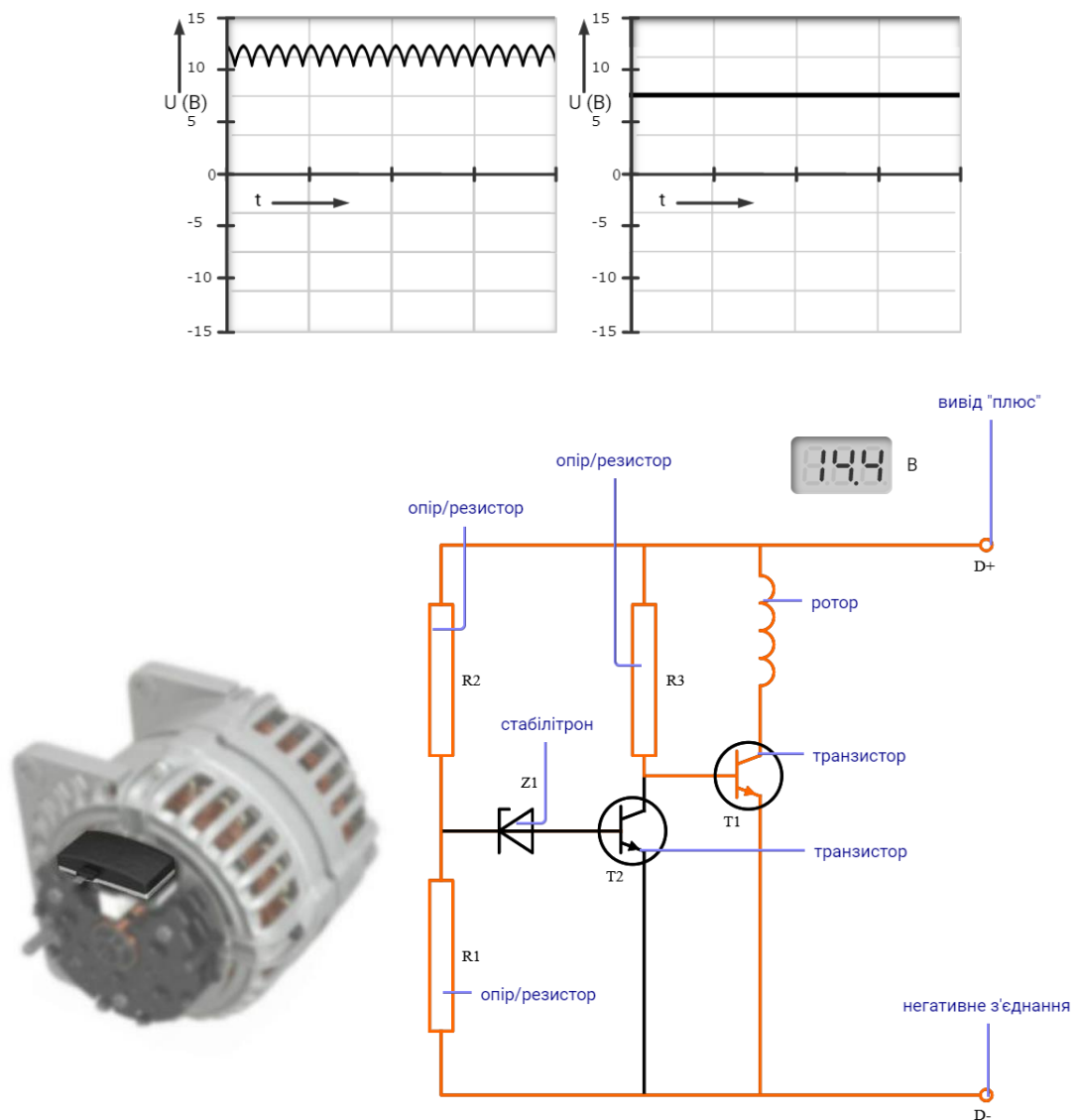


Рисунок 1.4 – Робота регулятора напруги

Регулятор напруги є критично важливим елементом в структурі генератора змінного струму. Його головне призначення полягає в стабілізації вихідної напруги генератора в межах допустимих значень, незалежно від зміни

частоти обертання двигуна, електричного навантаження та температури навколишнього середовища (рис. 1.4). Завдяки цьому забезпечується:

- надійне живлення всіх електроспоживачів автомобіля;
- ефективне заряджання акумуляторної батареї;
- захист електронних компонентів від перенапруги;
- запобігання надмірному зарядженню акумулятора, що може спричинити його перегрів і передчасний вихід з ладу.

У сучасних автомобілях регулятор зазвичай інтегрується безпосередньо в корпус генератора, у тому числі в спільному блоці з випрямлячем. У складніших електросистемах регулятор може бути розташований окремо або входити до складу модуля керування силовим агрегатом (PCM/ECU). У таких випадках він отримує сигнали від бортового комп'ютера, що дозволяє більш гнучко адаптувати параметри заряджання відповідно до умов експлуатації.

Величина вихідної напруги генератора залежить від кількох факторів, серед яких: частота обертання ротора, кількість витків у обмотці статора та інтенсивність магнітного поля, створеного ротором. Із цих трьох параметрів єдиним регульованим є магнітне поле ротора, яке контролюється регулятором шляхом зміни струму в обмотці збудження.

Принцип роботи регулятора напруги. Частота обертання ротора генератора визначається швидкістю обертання колінчастого вала двигуна. Генератор сконструйований так, що здатен забезпечувати номінальну напругу (близько 14,4 В) вже при роботі двигуна на холостому ході. Однак при зростанні обертів генератора вихідна напруга також зростає, що може призвести до пошкодження електрообладнання. Саме тому регулятор обмежує її шляхом зменшення магнітного поля — тобто зменшує струм у збуджувальній обмотці ротора.

Регулювання здійснюється за допомогою електронного керування транзисторами. Якщо напруга на позитивному виводі генератора (C+) падає нижче еталонного рівня (наприклад, 14,4 В), регулятор відкриває транзистор, дозволяючи струму протікати через обмотку збудження — ротор активується,

і генератор виробляє напругу. Якщо напруга зростає вище еталонної, відкривається інший транзистор (Т2), який шунтує базу керуючого транзистора Т1. Т1 закривається, і струм через ротор припиняється. Магнітне поле зменшується, і вихідна напруга генератора знижується. Коли вона знову падає нижче встановленого порогу, цикл повторюється. Завдяки високій частоті цих циклів утворюється стабільне середнє значення напруги на виході.

Приклад електронного принципу регулювання. Розглянемо умовну схему, де регулятор включає стабілітрон, два транзистори (Т1, Т2) та подільник напруги на резисторах R1, R2, R3, кожен з опором 2000 Ом. Якщо сумарна напруга на вході дорівнює 14,4 В, то точка поділу між R1 та R2 матиме напругу 7,2 В (оскільки резистори однакові). Щоб транзистор Т2 став провідним, необхідна напруга на його базі не менше 0,7 В. Таким чином, стабілітрон повинен проводити при напрузі щонайменше 6,5 В, тобто $U_{z1} = 7,2 \text{ В} - 0,7 \text{ В} = 6,5 \text{ В}$. [6]

Конструкція ротора генератора (рис. 1.5). Ротор генератора виконує функцію активного елемента створення магнітного поля.



Рисунок 1.5 – Будова ротора

Його конструкція включає:

- ◆ Полісні наконечники — формують магнітні полюси (північний і південний);
- ◆ Якір (магнітопровід) — посилює магнітний потік;

- ◆ Обмотка збудження — створює магнітне поле при протіканні струму;
- ◆ контактні кільця — забезпечують передачу струму на обмотку збудження;
- ◆ Підшипники та вал — забезпечують обертання ротора в корпусі генератора;
- ◆ Вентилятор — напесований на вал ротора, слугує для охолодження внутрішніх елементів генератора під час роботи.

Активація магнітного поля відбувається при протіканні електричного струму через обмотку збудження. Цей струм подається через щітковий вузол: графітові щітки притискаються до контактних кілець, забезпечуючи безперервний електричний контакт при обертанні. В залежності від напрямку струму один полюсний наконечник стає північним, інший — південним. Напрямок полюсів змінюється при зміні полярності струму в обмотці збудження.

Після активації збудження в обмотці ротора всередині генератора створюється магнітне поле. Це магнітне поле є необхідною умовою для індукції електрорушійної сили в обмотках статора. Щоб збудити магнітне поле, електричний струм пропускається через обмотку збудження ротора. Передача струму здійснюється за допомогою графітових щіток, які притискаються до контактних кілець, встановлених на валу ротора. Завдяки такій конструкції забезпечується надійний електричний контакт під час обертання. [8]

У момент, коли струм проходить через обмотку збудження, на полюсних наконечниках ротора формується магнітне поле з визначеною полярністю: один з наконечників стає північним магнітним полюсом, інший — південним. Напрямок магнітної полярності залежить від напрямку струму в обмотці збудження: при зміні полярності живлення змінюється і розташування північного та південного полюсів.

Генерація електричної енергії в генераторі змінного струму відбувається в статорі (рис. 1.6). Статор трифазного генератора складається з магнітопроводу та трьох обмоток, розміщених під кутом 120° одна від одної.

Магнітопровід статора виготовляється з набору кільцеподібних тонких сталевих листів, які ізолювані між собою діелектричним шаром. Така конструкція дозволяє зменшити вихрові струми та підвищити ефективність генерації.

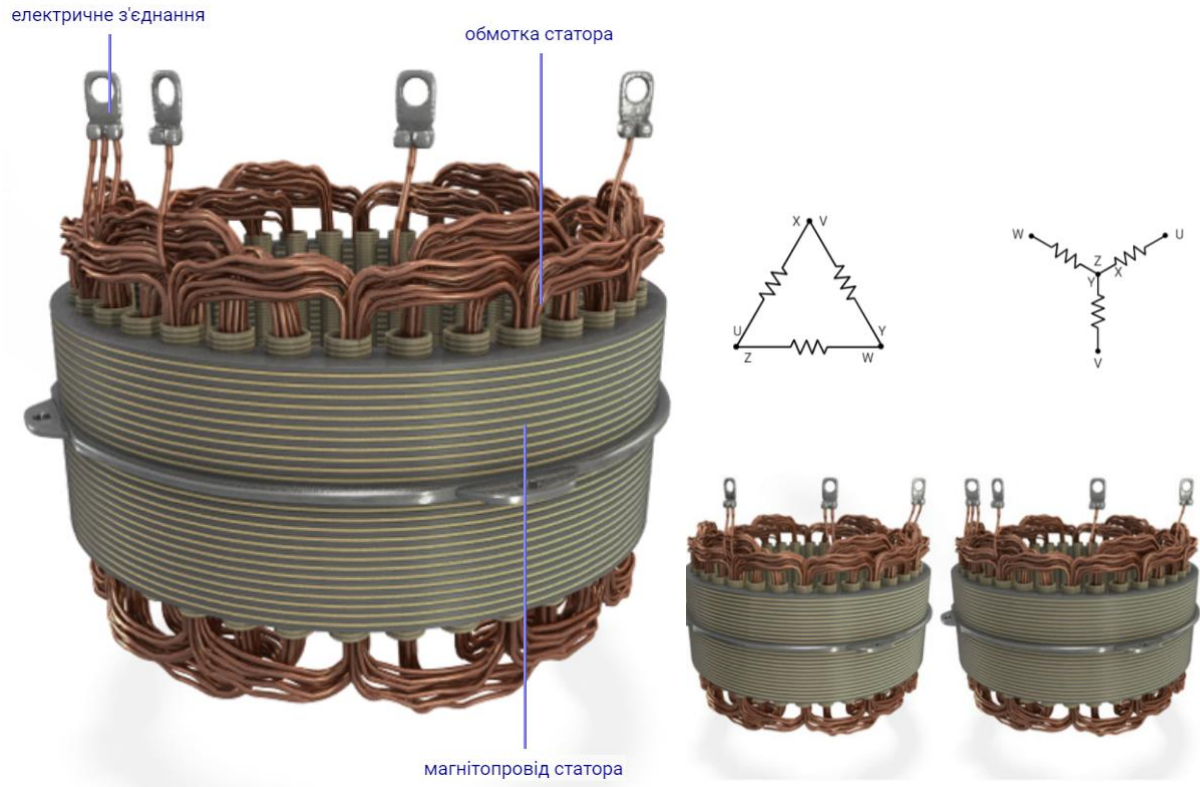


Рисунок 1.6 –Статор генератора

Фазні обмотки статора розміщуються у пазах магнітопроводу, розташованих по внутрішній окружності його корпусу. Кожна з обмоток складається з великої кількості витків мідного проводу з ізоляційним покриттям, з'єднаних послідовно. У цих обмотках, згідно з законом електромагнітної індукції, індукується змінна електрорушійна сила внаслідок перетинання їх магнітним потоком, створеним обертовим ротором з магнітним полем.

Обмотки статора можуть бути електрично з'єднані між собою за однією з двох основних схем:

♦ Схема “трикутник” (Δ , Delta). У цьому варіанті обмотки з'єднуються таким чином, що кожна з них підключена між двома сусідніми фазами, утворюючи замкнутий трикутник. Назвні виводяться три точки — по одній

від кожного з'єднання фаз. Така схема дозволяє отримувати вищий струм при фіксованій напрузі та використовується в генераторах, що повинні забезпечувати значні навантаження.

♦ Схема “зірка” (Y, Star). У цьому випадку три кінці фазних обмоток з'єднуються в одну загальну точку (нейтраль), а протилежні кінці виводяться як фазні виходи. Така конфігурація має чотири виводи (три фазні й один нейтральний) і є найпоширенішою у сучасних автомобільних генераторах. З'єднання за схемою "зірка" забезпечує можливість швидкого досягнення необхідного рівня напруги навіть при відносно низьких обертах двигуна, що особливо важливо під час роботи на холостому ходу.

Провідники обмоток розміщуються у спеціальних пазах статора, які виконані в магнітопроводі. Кожна обмотка виконується у вигляді багатовиткової котушки з проводу відповідного перерізу, що дозволяє забезпечити необхідні параметри напруги та струму на виході генератора.

Процес генерування електроенергії у генераторі змінного струму базується на взаємодії обертового магнітного поля ротора з нерухомими обмотками статора. У результаті в кожній з фазних обмоток утворюється синусоїдальна напруга змінного струму, яка згодом перетворюється у постійний струм за допомогою випрямного блоку та використовується для живлення споживачів і заряджання акумуляторної батареї.

1.3 Аналіз роботи стартера

Стартерний електродвигун (рис. 1.7) зазвичай встановлюється безпосередньо на корпусі двигуна або на фланці коробки передач. Його основне завдання полягає у запуску двигуна внутрішнього згоряння шляхом короткочасного обертання колінчастого вала.

Приводний механізм стартера передає крутний момент від електродвигуна до маховика двигуна. Для цього ведуча шестерня стартера (англ. pinion gear) входить у зачеплення з зубчастим вінцем маховика (англ.

flywheel ring gear), забезпечуючи механічне з'єднання між стартером і двигуном.

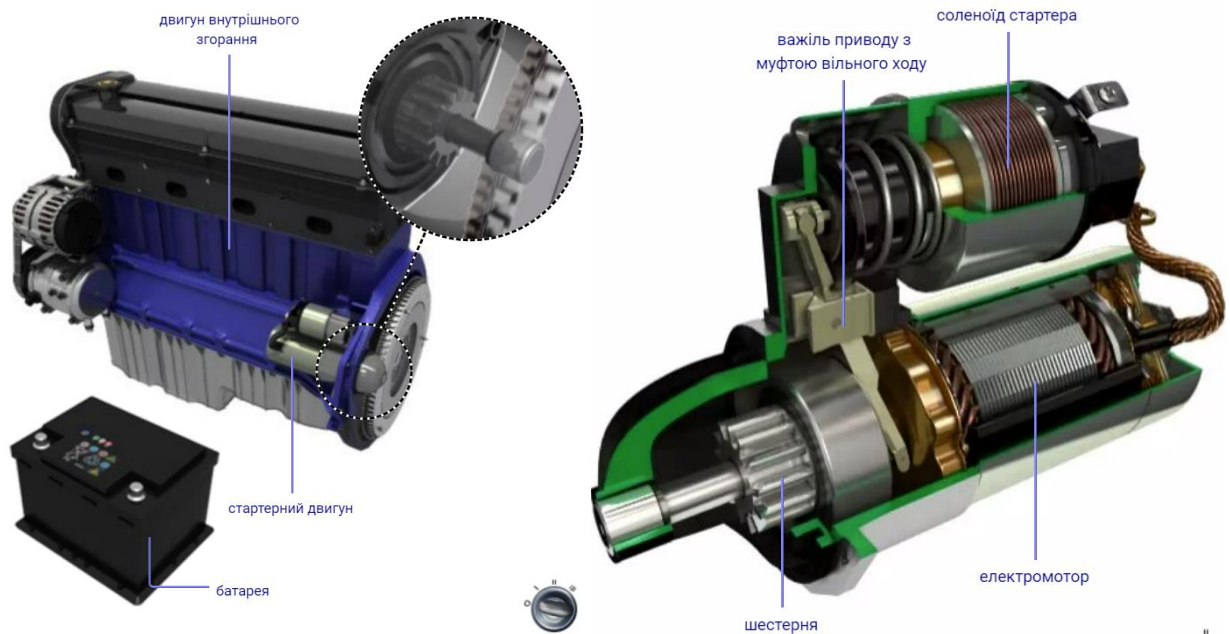


Рисунок 1.7 – Конструкція стартера

Основою стартера є електричний двигун постійного струму, живлення якого здійснюється від акумуляторної батареї. Пуск двигуна відбувається в момент, коли водій повертає ключ у положення «START».

До основних елементів стартерного електродвигуна належать:

- ◆ Соленоїд стартера — виконує подвійну функцію: при подачі живлення від замка запалювання він замикає силовий контакт для живлення електромотора та одночасно за допомогою електромагнітного зусилля переміщує важіль приводу;

- ◆ Важіль приводу — механічно пов'язаний із ведучою шестернею та забезпечує її переміщення по валу електродвигуна до моменту входження в зачеплення з вінцем маховика. Після пуску двигуна та повернення ключа запалювання в нейтральне положення, важіль повертає шестерню в початкове положення, запобігаючи зворотному впливу з боку двигуна на електромотор;

- ◆ Електродвигун стартера — приводить в дію ведучу шестерню, яка через зубчасту передачу обертає маховик колінчастого вала, забезпечуючи запуск двигуна внутрішнього згорання.

Після успішного пуску двигуна та завершення фази запуску, шестерня автоматично виводиться із зачеплення, і електродвигун стартера припиняє обертання. Це запобігає механічному пошкодженню стартера в разі обертання його від запущеного двигуна.

Соленоїд стартера (рис. 1.8) виконує роль електромагнітного перемикача, який забезпечує як механічне з'єднання стартерного механізму з маховиком двигуна, так і подачу електроенергії на стартерний електродвигун. Його конструкція передбачає наявність двох котушок: втягуючої та утримуючої. Робота соленоїда проходить у три основні фази, відповідно до логіки запуску двигуна.

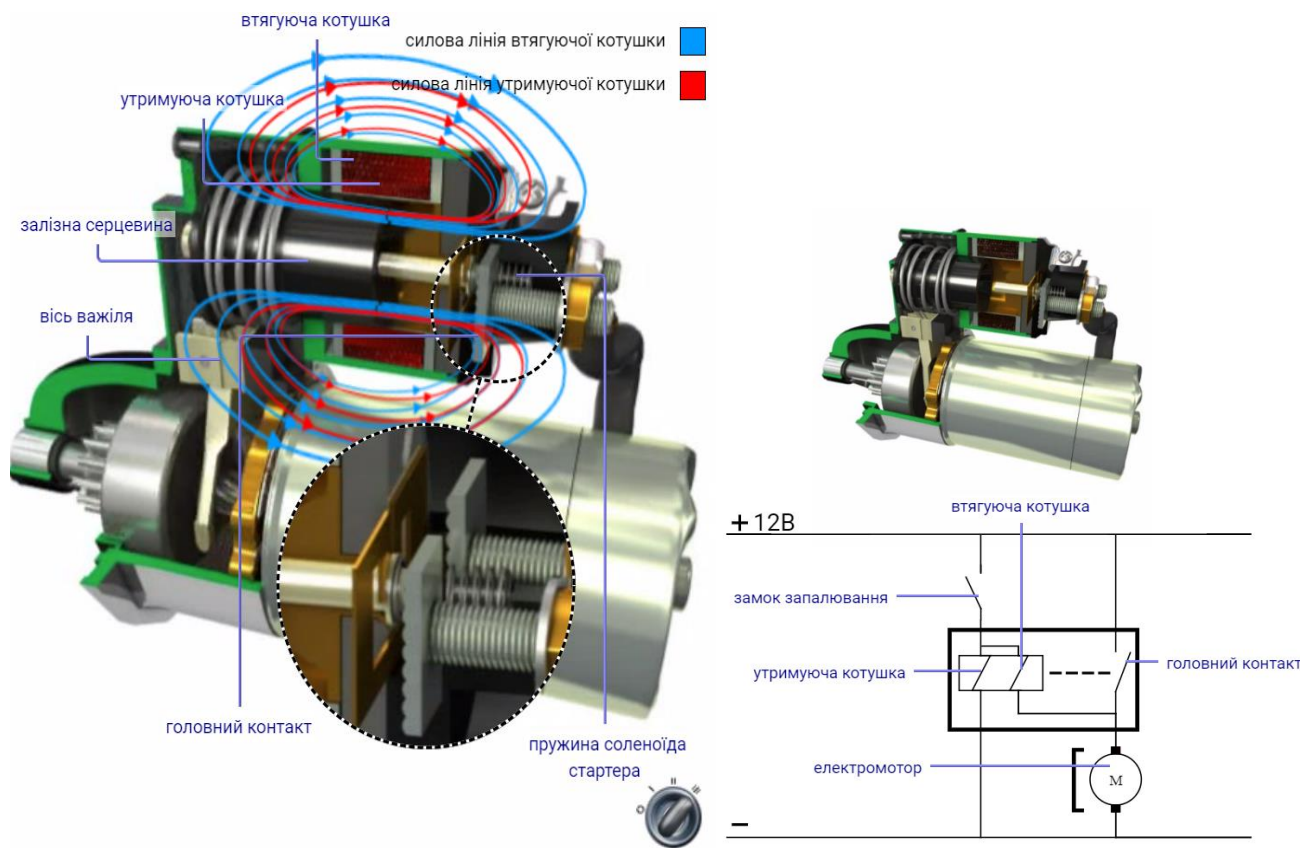


Рисунок 1.8 – Будова стартера

У першій фазі електричний струм, поданий із замка запалювання, проходить одночасно через обидві котушки. Внаслідок утвореного магнітного поля відбувається втягування залізної сердечника (якіря соленоїда), яка, в свою чергу, приводить у дію важіль приводу, переміщаючи ведучу шестерню у напрямку зубчастого вінця маховика.

У другій фазі механічні контакти соленоїда замикаються, і основний струм високої сили спрямовується безпосередньо на електромотор стартера. При цьому втягуюча котушка відключається, щоб уникнути її перегріву, а утримуюча котушка залишається активною — вона підтримує сердечник у втягнутому положенні, забезпечуючи постійне зчеплення шестерні з маховиком до моменту запуску двигуна. [10]

У третій фазі, після запуску двигуна та відпускання ключа запалювання, подача струму припиняється, і пружина повертає сердечник разом із важелем приводу у вихідне положення. Шестерня виводиться із зачеплення із зубчастим вінцем, запобігаючи обертанню стартера від працюючого двигуна.

З електричної точки зору, соленоїд має три контактні виводи, а котушки підключаються паралельно. Струм у першій фазі проходить через втягуючу котушку, далі — через обмотку електродвигуна на "масу". Одночасно утримуюча котушка підключається безпосередньо до корпусу стартера. Така подвійна активація забезпечує потужне й швидке переміщення приводу.

Важіль приводу з обгінною муфтою (рис. 1.9) є ключовим елементом механічної частини стартера. Його основні функції:

- ◆ Забезпечення переміщення ведучої шестерні для зчеплення із маховиком під час запуску;
- ◆ Запобігання зворотному передаванню крутного моменту від колінчастого вала двигуна на вал електродвигуна стартера.

Принцип дії такий: при повороті ключа запалювання соленоїд втягує сердечник разом із важелем приводу, що штовхає шестерню до зчеплення з зубчастим вінцем. Після запуску двигуна, коли ключ повертається в нейтральне положення, пружина повертає механізм назад, і шестерня виходить із зачеплення.

Ведуча шестерня має різьбу на внутрішній частині, яка взаємодіє з валом якоря, сприяючи м'якому входженню в зачеплення при запуску і легкому роз'єднанню після запуску двигуна.

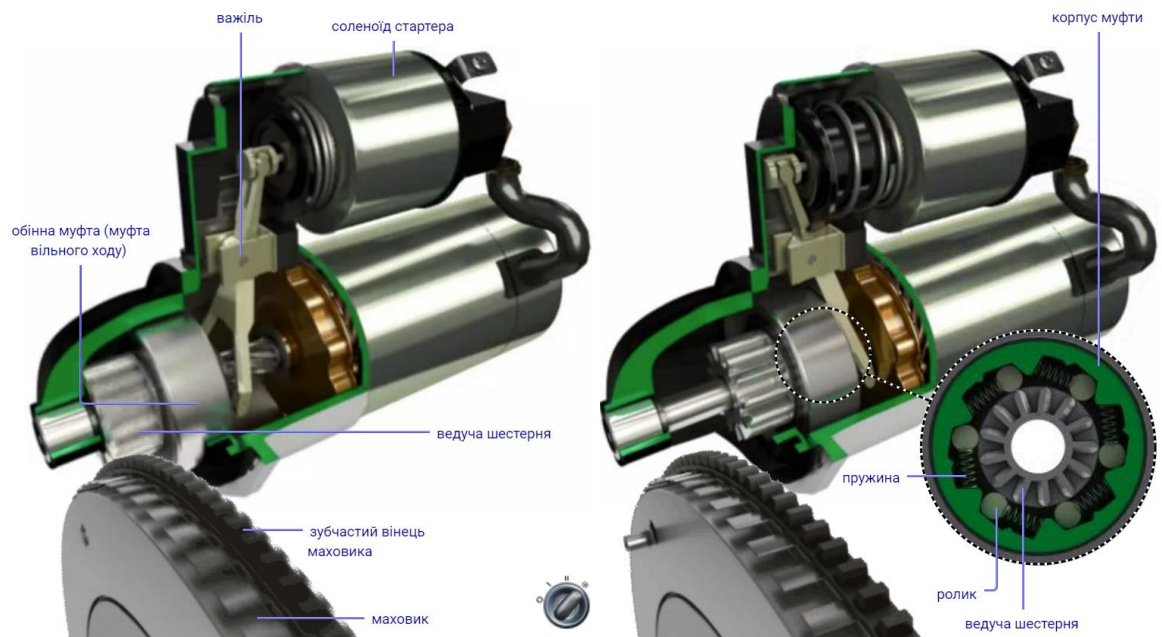


Рисунок 1.9 – Важіль приводу з муфтою вільного ходу

Обгінна муфта (також звана муфтою вільного ходу) виконує функцію одностороннього зчеплення. Вона дозволяє шестерні вільно обертатися в напрямку обертання маховика, але блокує обертання в зворотному напрямку. Такий механізм необхідний для захисту стартера у випадках, коли ведуча шестерня залишається в зачепленні, але двигун уже працює — наприклад, якщо водій не відпустив ключ запалювання вчасно. Обгінна муфта не допускає передачу крутного моменту від двигуна на стартер, тим самим запобігаючи його пошкодженню.

У момент запуску двигуна стартерний електродвигун обертає ведучу шестерню, яка через обгінну муфту з'єднана з маховиком. У цей час ролики всередині муфти заклинюються між веденою шестернею та корпусом муфти, забезпечуючи жорстке з'єднання — таким чином крутний момент від стартера ефективно передається до колінчастого вала двигуна.

Однак після того, як двигун внутрішнього згоряння запускається та починає обертатися швидше, ніж стартер, ситуація змінюється: шестерня обганяє корпус муфти. У результаті цього пружина зміщує ролики назад у вільний простір, де вони вже не затискаються між поверхнями. Це розмикає механічний зв'язок між шестернею і корпусом муфти.

У такому режимі ведуча шестерня обертається незалежно від корпусу муфти, що запобігає передачі крутного моменту назад на стартерний мотор. Завдяки цьому стартер не зазнає перевантаження чи пошкодження, навіть якщо на мить залишається увімкненим після запуску двигуна.

1.4 Обґрунтування теми роботи

Технічний рівень сучасних автомобілів постійно підвищується, що призводить до появи нових складних вузлів, деталей і систем. Водночас зростають вимоги до їхньої надійності та безпеки експлуатації. За даними численних джерел, суттєвий внесок у загальну надійність електрообладнання автомобіля роблять такі ключові компоненти, як генератор і стартер [1].

Електрообладнання автомобіля умовно можна розділити на шість основних систем: систему електропостачання, систему пуску, систему запалювання, систему освітлення та світлової сигналізації, контрольно-вимірювальні прилади та допоміжне електроустаткування [3].

Автомобільний генератор призначений для живлення всіх бортових споживачів електроенергії під час роботи двигуна, а також для підзарядки акумуляторної батареї, енергію якої було витрачено на запуск двигуна. Стартер разом із акумулятором забезпечує запуск двигуна внутрішнього згоряння, переводячи його з неробочого стану у режим самостійної роботи.

Якісна робота генератора і всієї системи електропостачання має суттєвий вплив на функціонування та термін служби інших електричних компонентів автомобіля. Наприклад, коливання напруги в межах $\pm 5\%$ від номінального значення (14,2 В) може спричинити зміну світлового потоку фар на $\pm 20\%$, а також скорочення терміну служби ламп у два рази. Надмірне енергоспоживання стартера під час запуску, що виникає через його несправності, також призводить до швидкого зношення акумуляторної батареї. Тому своєчасна та якісна діагностика технічного стану генератора та стартера є надзвичайно важливою.

Несправності генератора чи стартера не завжди проявляються одразу у вигляді критичних збоїв, таких як неможливість запуску двигуна або відсутність заряду акумулятора. Часто на початкових етапах виникають незначні відхилення, що можуть бути візуально помітні — наприклад, зменшення яскравості фар або уповільнений обертальний рух двигуна при пуску. У таких випадках рекомендується демонтувати стартер або генератор і провести їх детальну діагностику на спеціалізованих стендах, які дозволяють виявляти також «плаваючі» або приховані дефекти. [12]

Метою даної роботи є модернізація спеціалізованого стенду для діагностики автомобільних генераторів і стартерів з метою підвищення точності та ефективності перевірки їхнього технічного стану...

2 РОЗРАХУНОК ДІЛЬНИЦІ

2.1 Вихідні дані для організації технічного обслуговування автомобіля

Ефективне технічне обслуговування автомобіля потребує наявності певної вихідної інформації, яка дозволяє правильно планувати обсяг і періодичність робіт, забезпечуючи надійну та безпечну експлуатацію транспортного засобу.

Насамперед слід ознайомитися з технічною документацією від виробника, зокрема з інструкцією з експлуатації та сервісною книжкою. У цих джерелах зазначено рекомендовані інтервали проведення технічного обслуговування, перелік робіт, які потрібно виконати, вимоги до запасних частин, рідин та витратних матеріалів.

Наступним кроком є розробка індивідуального графіка технічного обслуговування автомобіля. При його складанні необхідно враховувати вимоги виробника, умови експлуатації, регламентні норми країни (або регіону) та особливості використання транспортного засобу.

Для ефективного контролю важливо вести облік усіх виконаних технічних робіт: зазначати дати обслуговування, перелік замінених деталей, використані матеріали та види виконаних операцій. Така документація допомагає прогнозувати наступні обслуговування та запобігати передчасним поломкам.

Необхідно також враховувати нормативні вимоги щодо ТО, встановлені чинним законодавством. У деяких країнах існують обов'язкові інтервали технічних перевірок, невиконання яких може призвести до штрафів або обмеження експлуатації автомобіля. [13]

Нарешті, слід забезпечити залучення кваліфікованих фахівців до проведення ТО. Вони повинні володіти відповідними знаннями, практичним досвідом та мати в розпорядженні необхідне обладнання для виконання діагностичних, регламентних і ремонтних робіт.

Фактори, що впливають на періодичність технічного обслуговування до капітального ремонту.

Періодичність виконання ТО до моменту капітального ремонту визначається сукупністю кількох ключових чинників:

1. Рекомендації виробника – головне джерело інформації про строки заміни основних вузлів, агрегатів і витратних матеріалів.
2. Умови експлуатації – їзда в запиленому середовищі, міський режим, інтенсивна експлуатація чи агресивні кліматичні умови вимагають скорочення інтервалів обслуговування.
3. Пробіг автомобіля – зазвичай ТО виконується через кожні 10 000–20 000 км пробігу, залежно від моделі й типу двигуна.
4. Вік автомобіля – із роками зростає зношування матеріалів, ущільнень та електроніки, що може вимагати частішого втручання.
5. Досвід та поради фахівців СТО – практикуючі механіки, які обслуговують конкретну модель авто, можуть давати обґрунтовані рекомендації щодо оптимізації графіка ТО з урахуванням типових несправностей і особливостей машини.

Комплексний підхід до збору вихідної інформації та оцінки умов експлуатації дозволяє організувати технічне обслуговування на високому рівні, знизити ризик поломок і продовжити ресурс основних агрегатів автомобіля.

2.2 Оцінка трудомісткості робіт при технічному обслуговуванні автомобіля

Визначення трудомісткості робіт під час технічного обслуговування (ТО) автомобіля є важливим етапом у плануванні сервісних процедур і ресурсного забезпечення. На обсяг трудових витрат впливають декілька основних чинників.

Передусім, це обсяг виконуваних робіт. Чим більший перелік операцій необхідно здійснити — від заміни рідин та фільтрів до діагностики систем або налаштувань — тим вищою буде загальна трудомісткість.

Наступний фактор — складність робіт. Операції, що вимагають спеціальних знань або використання спеціалізованого інструменту, таких як діагностика електроніки чи налаштування складних механізмів, потребують більше часу та зусиль.

Доступність компонентів автомобіля також відіграє роль: якщо для доступу до елемента необхідний демонтаж суміжних вузлів, це суттєво ускладнює роботу.

Важливу роль відіграє технічний стан транспортного засобу. Якщо автомобіль має несправності або потребує додаткових перевірок, час на обслуговування зростає.

Окрім цього, спеціалізація робіт впливає на трудомісткість — завдання, що стосуються, наприклад, електронних систем або безпеки, можуть виконуватись лише кваліфікованими фахівцями, що також враховується при плануванні робочого часу.

Для об'єктивної оцінки трудомісткості застосовуються декілька методів. Один із найбільш поширених — метод стандартного часу виконання операцій (Standard Time Method). Суть цього підходу полягає в наступному:

1. Роботи розділяються на окремі операції (наприклад, заміна повітряного фільтра, перевірка тиску в шинах, регулювання зазорів у клапанах).
2. Для кожної операції визначається нормативний (стандартний) час виконання, що береться з технічних довідників, баз даних або рекомендацій виробника.
3. Стандартні значення підсумовуються, щоб визначити загальну трудомісткість всього комплексу робіт.

Для точніших розрахунків часто використовують модифіковану формулу трудомісткості:

$$r = K_p \times K_k \times T \quad (2.1)$$

де: K_p — коефіцієнт складності операції, що враховує конструктивні особливості, доступність вузлів і складність демонтажу;

K_k — коефіцієнт кваліфікації виконавця, що враховує досвід, рівень підготовки та продуктивність праці;

T — стандартний час виконання конкретної операції за нормативом.

Цей підхід дозволяє адаптувати оцінку трудомісткості під реальні умови виконання робіт, враховуючи як людський, так і технічний фактор. Однак для досягнення більшої точності рекомендується враховувати специфіку конкретного автомобіля, стан його систем, а також умови, в яких відбувається технічне обслуговування.

Приклади орієнтовного стандартного часу виконання типових операцій ТО можуть значно відрізнятись залежно від марки й моделі авто. Наприклад, заміна моторного масла і фільтра може тривати 0,3–0,5 години, перевірка гальмівної системи — близько 0,7–1,0 години, а регулювання клапанів — до 2,0 годин.

Таким чином, правильна оцінка трудомісткості забезпечує оптимізацію трудових ресурсів, покращує планування сервісного обслуговування і дозволяє точніше формувати вартість виконуваних робіт.

2.3 Аналіз методів організації технологічного процесу

Організація технологічного процесу технічного обслуговування (ТО) автомобілів базується на врахуванні низки ключових чинників, таких як тип і модель транспортного засобу, обсяг запланованих робіт, рівень технічного оснащення сервісного підрозділу, кількість персоналу та загальні умови виконання робіт. Вибір оптимального методу організації ТО безпосередньо впливає на ефективність використання ресурсів і якість наданих послуг.

Серед основних методів організації робіт при ТО автомобілів можна виділити наступні:

1. Метод розподілу за спеціалізацією (спеціалізовані бригади). Передбачає поділ працівників або бригад за функціональними напрямками. Кожна група спеціалізується на певному типі операцій — наприклад, одна виконує ТО-1, інша — ТО-2 або працює із системою живлення, гальмівною системою, електрообладнанням тощо. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність за рахунок зосередження персоналу на вузькому спектрі завдань.

2. Метод послідовного виконання операцій. Передбачає здійснення обслуговування в логічній послідовності: після завершення однієї операції переходять до наступної. Наприклад, спочатку проводиться заміна мастил і фільтрів, потім огляд підвіски, перевірка стану шин, діагностика електроніки тощо. Цей метод є ефективним за умови обмеженої кількості персоналу.

3. Метод паралельного виконання робіт. Кілька бригад або працівників одночасно виконують різні етапи технічного обслуговування. Наприклад, в той час як одна група проводить перевірку електронних систем, інша виконує регламентні операції з гальмівною системою. Паралельна організація робіт дозволяє значно скоротити загальний час ТО.

4. Комбінований метод. Це поєднання елементів послідовного та паралельного виконання операцій. Наприклад, заміна рідин здійснюється послідовно, тоді як діагностика та регулювання окремих систем проводяться паралельно іншими працівниками. Цей підхід забезпечує гнучкість і адаптується до конкретних умов підприємства.

5. Індивідуальний та агрегатний методи ремонту. При організації ремонтної частини обслуговування використовуються два основних підходи:

Індивідуальний метод — передбачає ремонт агрегатів без демонтажу з автомобіля, або з подальшим поверненням того ж вузла на той самий автомобіль.

Агрегатний метод — несправні вузли знімаються, і замість них встановлюються вже відремонтовані з запасного фонду. Це скорочує час простою автомобіля і дозволяє ремонтувати агрегати незалежно від ритму обслуговування основної машини.

підсумуємо їх у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Узагальнена таблиця методів організації технологічного процесу технічного обслуговування автомобілів:

Назва методу	Суть методу	Переваги	Недоліки
Розподіл за спеціалізацією	Роботи виконують бригади з вузькою спеціалізацією (ТО-1, ТО-2, електрика тощо)	Висока якість за рахунок спеціалізації, зменшення помилок	Необхідність більшої кількості працівників з різним профілем
Послідовне виконання робіт	Операції виконуються одна за одною в певному порядку	Простота організації, зручність планування	Триваліший час обслуговування, простої між операціями
Паралельне виконання робіт	Роботи проводяться одночасно кількома виконавцями	Скорочення загального часу ТО, підвищення продуктивності	Потреба в просторому робочому місці, координація виконавців
Комбінований метод	Поєднання послідовного та паралельного виконання операцій	Гнучкість, адаптація до умов, баланс між часом і ресурсами	Ускладнене планування та контроль
Індивідуальний ремонт	Агрегати ремонтуються на місці або повертаються на той самий автомобіль	Точність ремонту, збереження заводських налаштувань	Триваліший час ремонту, більші простої
Агрегатний ремонт	Агрегати знімаються, замінюються на відремонтовані з запасного фонду	Мінімізація часу простою, зручність обліку агрегатів	Потреба в запасному фонді, організація обліку агрегатів

Ця таблиця дає змогу швидко порівняти методи та обрати оптимальну схему організації ТО з урахуванням умов роботи, технічного оснащення та кадрових ресурсів.

У практичній діяльності доцільно застосовувати гнучкий підхід: за наявності відновленого агрегата використовується агрегатний метод, а за його відсутності — індивідуальний. Така схема дозволяє оптимізувати навантаження на ремонтні потужності та забезпечити безперервність технічного процесу.

Проектування організації ТО повинне ґрунтуватися на функціональній схемі виробничого процесу, яка відображає послідовність і логіку всіх операцій. Така схема є основою для створення ефективної планувальної структури автотранспортного підприємства (АТП) або сервісної станції.

Рациональне поєднання методів організації ТО забезпечує зниження витрат часу, підвищення якості обслуговування, зменшення кількості простоїв транспорту та продовження ресурсу автомобіля. [14]

Функціональну схему виробничого процесу, зображено на рисунку 2.1.

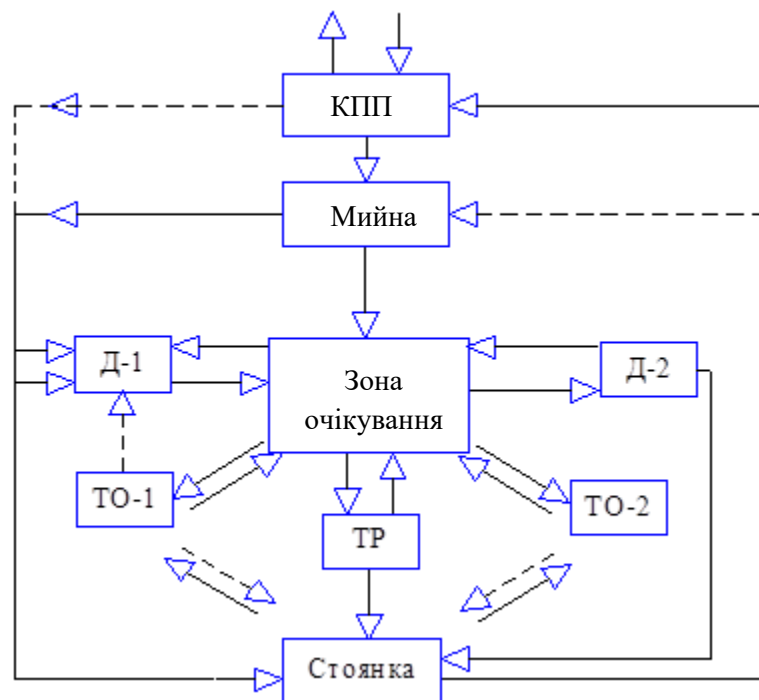


Рисунок 2.1 – Функціональна схема виробничого процесу

Процедура приймання автомобілів на АТП. На проєктованому об'єкті автомобілі, що прибувають після завершення зміни, проходять через контрольно-пропускний пункт. Черговий механік виконує первинний огляд транспортного засобу та надає висновок щодо його технічного стану. В залежності від результатів огляду, автомобіль направляється або безпосередньо на стоянку, або спочатку на мийку. Після завершення мийки транспортний засіб або ставиться на місце зберігання, або переміщується в зону очікування технічного обслуговування чи ремонту.

Автомобілі випускаються на маршрут щоденно, в межах однієї робочої зміни. Для діагностичної ділянки встановлюється наступний режим роботи: тривалість однієї зміни ($T_{см}$) — 8 годин, кількість робочих днів на рік — 248.

2.4 Розрахунок кількості постів та чисельності персоналу для зони діагностики

Для визначення необхідної кількості постів на ділянці діагностики використовується наступна формула:

$$X_{д} = T_{д} / (T_{см} \times c \times \eta_{д} \times D_{рг}) \quad (2.2)$$

де: $T_{д}$ — загальна трудомісткість діагностичних робіт, люд.-год;

$T_{см}$ — тривалість однієї зміни, год;

c — кількість змін за добу;

$\eta_{д}$ — коефіцієнт використання часу поста діагностики;

$D_{рг}$ — кількість робочих днів на рік;

$R_{п}$ — кількість працівників на одному посту.

Для проведення розрахунку приймаються такі значення:

$\eta_{д-1} = 0,75$; $\eta_{д-2} = 0,6$; $R_{п} = 1$.

Розрахунок кількості постів для двох варіантів коефіцієнта ефективного використання часу:

$$X_{д-1} = 320,94 / (190 \times 8 \times 1 \times 0,75) = 0,28 \rightarrow \text{приймаємо 1 пост}$$

$$X_{д-2} = 320,94 / (190 \times 8 \times 1 \times 0,6) = 0,35 \rightarrow \text{приймаємо 1 пост}$$

Таким чином, у кожному з варіантів доцільно встановити по одному посту діагностики.

Для забезпечення виконання річного обсягу робіт з технічного обслуговування (ТО) і поточного ремонту (ТР) необхідно визначити кількість персоналу. Цей показник розраховується у двох варіантах:

Технологічно необхідна чисельність працівників (явочна) — кількість виконавців, яка безпосередньо бере участь у виробничому процесі та забезпечує виконання технологічного обсягу робіт протягом року:

$$P_T = T_{\text{Годі}} / \Phi_T \quad (2.3)$$

Штатна чисельність працівників (списочна) — враховує не лише явочну чисельність, але й резерв на випадок тимчасової відсутності працівників (через хворобу, відпустки, виконання державних обов'язків тощо):

$$P_{\text{ш}} = T_{\text{Годі}} / \Phi_{\text{ш}} \quad (2.4)$$

де: $T_{\text{Годі}}$ — річна трудомісткість робіт на ділянці, люд.-год;

Φ_T — річний фонд часу одного технологічно необхідного працівника, год (приймається: 2010 год — за нормальних умов праці, 1830 год — при шкідливих умовах);

$\Phi_{\text{ш}}$ — фактичний річний фонд часу одного штатного працівника (приймається: 1986 год — для більшості працівників, 1610 год — для працівників, які виконують фарбувальні роботи).

Підставивши значення до формул:

$$P_T = 320,94 / 2010 = 0,16 \rightarrow \text{приймається 1 особа}$$

$$P_{\text{ш}} = 320,94 / 1986 = 0,16 \rightarrow \text{приймається 1 особа}$$

Отже, для забезпечення діагностичних робіт у зоні обслуговування достатньо одного поста та одного працівника, як за технологічною, так і за штатною чисельністю.

2.5 Визначення кількості устаткування

Принципи підбору технологічного обладнання. Під час вибору обладнання для технічного обслуговування та діагностики автомобілів необхідно враховувати наступні ключові аспекти:

Аналіз технологічного процесу — необхідно чітко визначити обсяг та характер робіт, що виконуються на об'єкті (ТО, діагностика, ремонт).

Визначення типів обладнання — встановлюється, які саме системи автомобіля будуть обслуговуватись та які види діагностики необхідні.

Узгодження з нормативними вимогами — обладнання повинне відповідати стандартам, вимогам безпеки та рекомендаціям виробника автомобілів.

Забезпечення сумісності — підбирається устаткування, яке сумісне з моделями автомобілів, що обслуговуються на підприємстві.

Оцінка ефективності — віддається перевага багатофункціональним, надійним і зручним у використанні пристроям, які підвищують продуктивність праці та якість обслуговування. [15]

Розрахунок кількості основного та допоміжного технологічного обладнання

Для визначення кількості основного технологічного обладнання використовується така формула:

$$X_{\text{осн}} = T_{\text{год}} / \Phi_r \quad (2.5)$$

де: $T_{\text{год}}$ — загальна трудомісткість робіт, люд.-год;

Φ_r — річний фонд часу одного робочого місця, годин.

У цьому випадку річний фонд часу одного робочого місця приймається рівним 2010 годин.

Після підстановки:

$$X_{\text{осн}} = T_{\text{год}} / 2010$$

За результатами розрахунку приймається 2 одиниці основного обладнання.

Кількість допоміжного обладнання визначається за формулою:

$$X_{\text{всп}} = X_{\text{осн}} \times 0,2 \quad (2.6)$$

де: $X_{\text{осн}}$ — кількість основного обладнання (за формулою 2.5);

0,2 — нормативна частка допоміжного обладнання (20 % від основного), відповідно до [6].

Розрахунок:

$$X_{\text{всп}} = 2 \times 0,2 = 0,4 \rightarrow$$

приймається 1 одиниця допоміжного обладнання.

На підставі отриманих розрахунків та технологічної потреби здійснюється добір відповідного устаткування, яке відображається в таблиці 2.1 (рисунок 2.2).

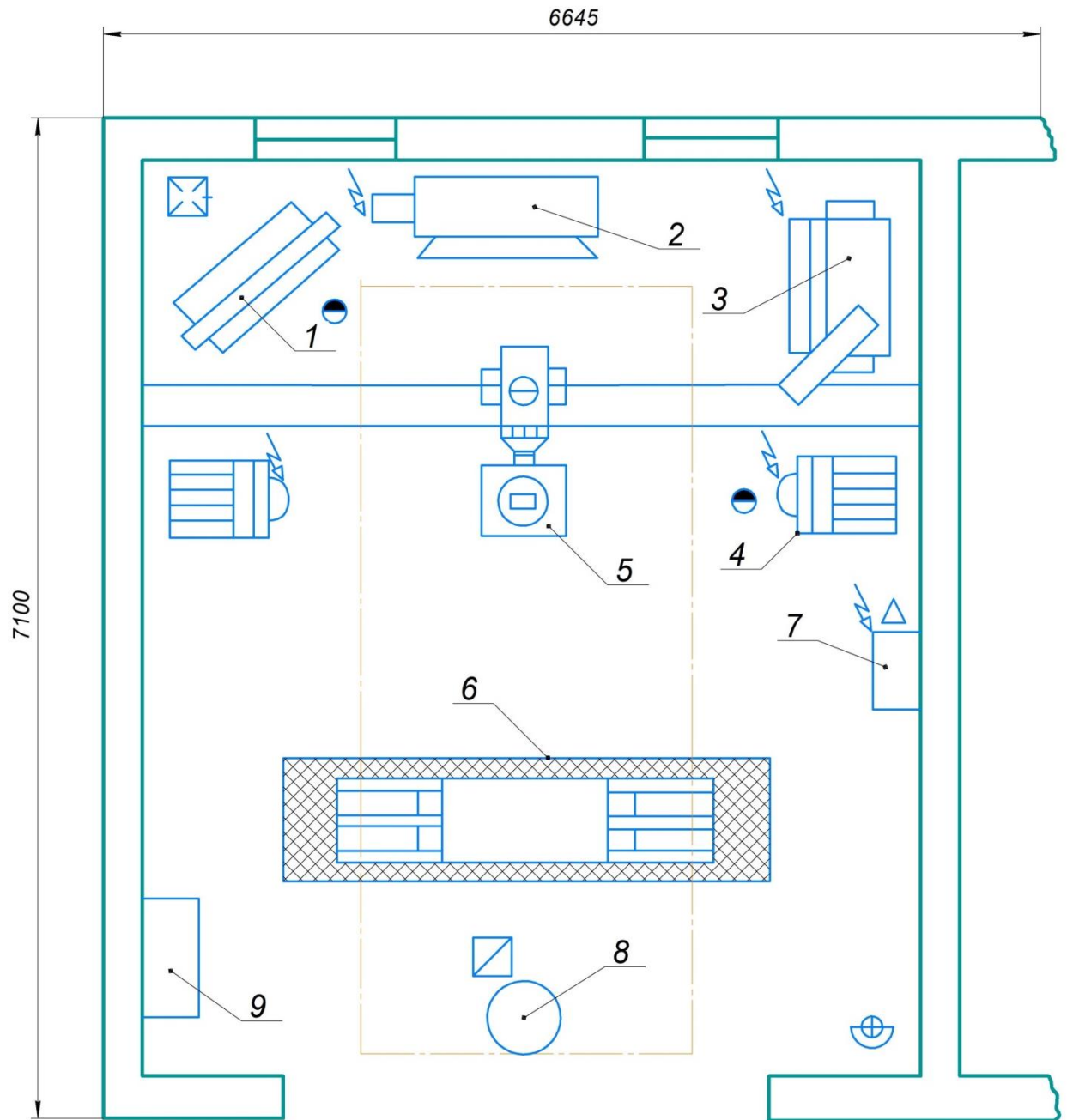
Таблиці 2.1 – Пост діагностування 1.

№	Назва	Розмір	Марка
1	Пульт стенда для перевірки гальм	625х665х1130	СТС-3-СП-11
2	Вентилятор	1000х670х1700	С 413М
3	Мотор - тестор	180х135х40	МТ-10 СОК
4	Балансувальний станок	550х600х1150	ЛС-11
5	Пересувний домкрат	висота 380мм	HRW 199/1
6	Ролики стенда	1500х910х1150	СТС-3-СП-11
7	Прилад для повірки свічок накалу	250х240х400	Є-203
8	Шлангова витяжка	□ 15, довж 1500мм	

Діагностичний пост №2 матиме збільшені розміри та буде адаптований для обслуговування автомобілів, обладнаних газобалонними установками (рис. 2.3). Перелік необхідного обладнання наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2 2 - Обладнання посту діагностування 2.

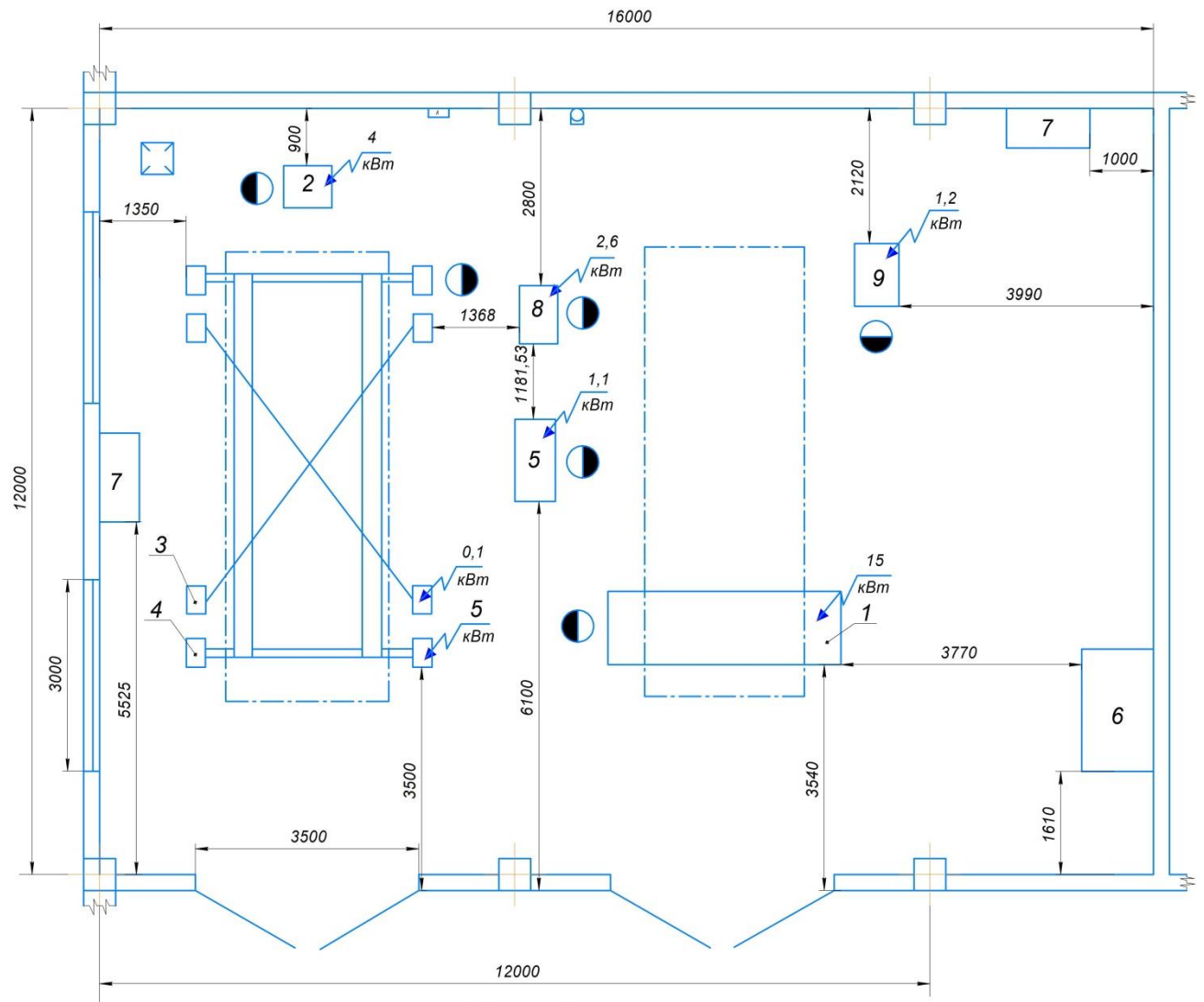
Поз	Назва	Тип	К-ть	Розміри
1	Гальмівний стенд	СТС-2	1	1100х3650
2	Прилад для перевірки тарегулювання фар	ОП-49	1	660х750
3	Стенд для перевірки кутів установки коліс	СЄЛ-2	1	4500х3600
4	Підйомник	ПП-16	1	6300х3800
5	Витяжка	УВВГ	1	1300х600
6	Шафа для інструменту	-	1	1900х1100
7	Верстак	ВС-1	2	1300х740
8	Газоаналізатор	ГМА-47	1	910х600
9	Мотортестер	ІТ-5	1	980х700



Умовні позначення

- | | | | |
|---|---------------------------|--|-------------------|
|  | - споживач електроенергії |  | - робоче місце |
|  | - витяжка |  | - місцева витяжка |
|  | - стиснуте повітря |  | - гаряча вода |

Рисунок 2.2 – Пост 1.



Умовні позначення

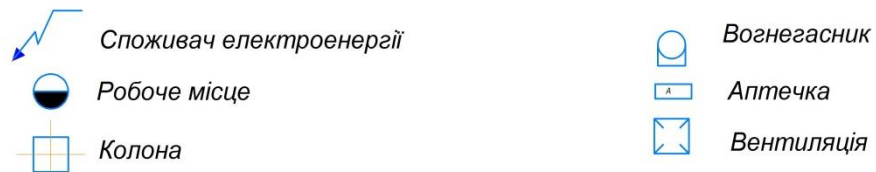


Рисунок 2.3 – Пост 2.

З УДОСКОНАЛЕННЯ СТЕНДУ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ГЕНЕРАТОРІВ

3.1 Аналіз несправностей електрообладнання автомобіля

Система електрообладнання сучасного автомобіля відіграє ключову роль у його надійній та безпечній експлуатації. До основних компонентів цієї системи належать генераторна установка та стартер, справність яких безпосередньо впливає на функціонування бортових електроспоживачів та запуск двигуна. Несправності цих вузлів можуть проявлятися як явними ознаками (наприклад, відсутність заряду або запуску двигуна), так і прихованими симптомами, які потребують ретельної діагностики.

Генераторна установка вважається справною, якщо вона забезпечує стабільну зарядку акумуляторної батареї, видає напругу, достатню для живлення всієї електромережі автомобіля, та не створює шумів чи небезпечних коливань напруги. Проте слід враховувати, що в багатьох випадках причини відмови генератора пов'язані не з самим агрегатом, а з порушеннями в електричних з'єднаннях, спрацюванням запобіжників або несправністю контрольно-вимірювальних приладів.

Однією з поширених проблем є поганий контакт між генератором і регулятором напруги, що викликає коливання вихідної напруги. Зокрема, підвищений опір на ділянці «маса» може спричинити перезаряд акумулятора. У деяких моделях цей опір не повинен перевищувати 0,01 Ом. У разі його перевищення можливе миготіння контрольної лампи заряду при малих обертах двигуна. Подібні порушення можуть бути викликані ослабленням контактів, несправністю вимикача запалювання, зношенням штекерних з'єднань або порушенням масового контакту регулятора.

Низький або нульовий струм на амперметрі не завжди вказує на несправність генератора — можливо, акумулятор повністю розряджений. У такому випадку слід звертати увагу на поступове зменшення зарядного струму після запуску двигуна — це ознака справної роботи генераторної системи.

Контрольна лампа заряду також може надати корисну інформацію. Якщо при включенні запалювання (при неробочому двигуні) лампа не загоряється, це може вказувати на замикання обмотки статора або несправність діодного моста. У справному генераторі лампа повинна згаснути після запуску двигуна. Однак вона не здатна сигналізувати про відмову регулятора напруги, наприклад, у випадку короткого замикання вихідного транзистора. У такій ситуації, незважаючи на критично високу напругу в мережі, лампа згасає, як у справному генераторі.

Для отримання точної оцінки роботи генератора доцільно використовувати вольтметр з межами вимірювання до 30 В. Робоча напруга в бортовій мережі має знаходитись у межах 13,5–14,5 В. Значне відхилення може бути ознакою несправності регулятора, генератора або слабкого натягу приводного ремня. У випадках сумнівів генераторну установку варто зняти та перевірити на стенді.

Серед типових несправностей стартера — відсутність обертання якоря при ввімкненні запалювання (що може вказувати на відмову тягового реле), повільне обертання або сторонній шум при роботі. Ці ознаки свідчать про необхідність перевірки електричних з'єднань, стану щіток, контактів реле та механічної частини стартера.

Таким чином, діагностика несправностей електрообладнання автомобіля вимагає комплексного підходу, що включає перевірку електричних ланцюгів, вузлів генераторної установки та стартера, використання контрольно-вимірювальних приладів, а в разі потреби — стендових випробувань. Для зручності типові несправності та способи їх усунення можуть бути зведені в таблицю 3.1.

Статор втрачає працездатність у випадках, коли одна з його обмоток замикається на корпус магнітопроводу (коротке замикання на «масу») або якщо в ланцюзі обрив — порушено цілісність провідника однієї з обмоток.

Справність статора можна перевірити за допомогою мультиметра (див. рис. 3.1). Опір між виводами обмоток повинен бути невеликим — приблизно 0,05 Ом. Водночас опір між обмоткою та магнітопроводом має бути дуже високим, фактично наближеним до нескінченності.

Таблиці 3.1 – Типові несправності електрообладнання автомобіля та методи їх усунення

№	Вузол	Опис несправності	Можлива причина	Метод усунення
1	Генераторна установка	Не заряджає акумулятор	Поганий контакт у проводці, спрацювання запобіжника, несправний регулятор напруги	Перевірити та очистити контакти, замінити запобіжник або регулятор
2	Генераторна установка	Завелика напруга (перезаряд)	Підвищений опір між «масою» генератора і регулятором	Перевірити заземлення, усунути корозію або ослаблення з'єднань
3	Генераторна установка	Миготіння лампи заряду при малих обертах	Погане з'єднання, ослаблення пружинного контакту в колі регулятора	Перевірити ланцюг, піджати або замінити контактні елементи
4	Генераторна установка	Контрольна лампа не гасне після запуску двигуна	Вихід з ладу діодного моста, статорна обмотка замкнена на масу	Перевірити тестером, замінити несправні елементи
5	Генераторна установка	Лампа гасне, але напруга в мережі >15 В	Заклинювальний транзистор регулятора напруги (коротке замикання)	Заміна регулятора напруги
6	Генераторна установка	Знижена напруга (менше 13 В)	Слабкий натяг ремня, знос щіток, відмова діодів або обрив обмотки	Перевірити натяг ремня, стан щіток, протестувати генератор на стенді
7	Стартер	Якір не обертається, тягове реле не спрацьовує	Обрив у колі живлення, несправне реле, розряджений акумулятор	Перевірити напругу, замінити реле, зарядити або замінити АКБ
8	Стартер	Якір обертається повільно, слабе прокрутання колінвала	Зношені щітки, обрив обмотки якоря, поганий контакт в електромережі	Заміна щіток, перевірка та відновлення обмоток, зачистка контактів
9	Стартер	Підвищений шум при роботі	Зношення шестерні, муфти або підшипників	Діагностика механізму, заміна зношених компонентів
10	Генератор / стартер	Немає показань амперметра або вольтметра	Несправний прилад, обрив проводів, коротке замикання	Перевірити проводку, замінити несправний прилад



Рисунок 3.1 – Діагностика статора стартера.

3.2 Огляд і вибір стендів для діагностики генераторів

Стенди для перевірки автомобільних генераторів і стартерів повинні надавати можливість оцінки їх технічного стану шляхом вимірювання основних електричних параметрів. Особливістю таких стендів є необхідність демонтажу електроагрегатів з автомобіля з подальшим їхнім встановленням на стенд для випробувань.

На сучасному ринку представлено широкий асортимент діагностичних стендів, зокрема як професійних моделей з високою вартістю, так і бюджетніші рішення, модернізація яких дозволяє розширити функціональні можливості та зекономити кошти. [16]

Стенд MSG MS002 COM (12/24 В) (рис. 3.2). Стенд призначений для діагностики генераторів (у двох режимах – під навантаженням і без) та стартерів (у режимі холостого ходу), а також для тестування регуляторів напруги із сучасними типами керування (COM, DFM, P-D та ін.). Його перевагами є швидкість перевірки, точність вимірювань, система автоматичного кріплення агрегату, плавне регулювання навантаження (до 200 А) і сучасний кольоровий дисплей. Вартість – приблизно 250 000 грн.



Рисунок 3.2 – Стенд для діагностування генераторів і стартерів
MS002 COM 12 24 V

Стенд SPIN Banchetto JUNIOR (380 В) (рис. 3.3). Це компактна модель, орієнтована на оперативне тестування генераторів та стартерів у мережах 12/24 В. Оснащений реостатом, вольтметром і амперметрами. Дає змогу здійснювати базові перевірки основних компонентів. Живлення від трифазної мережі та акумуляторів. Ціна – близько 95 000 грн.



Рисунок 3.3 – Стенд для генераторів і стартерів
380,0 В SPIN Banchetto JUNIOR

Стенд BANCHETTO «PROFI» Inverter EVO (12/24 В) (рис. 3.4). Сучасна модель з інверторним керуванням електродвигуном і розширеними можливостями. Підходить для діагностики електрообладнання як легкових, так і сільськогосподарських транспортних засобів. Дає змогу тестувати стартери, генератори, регулятори напруги, виконувати перевірку ізоляції.

Потужність навантаження – до 2000 Вт. Має цифрову індикацію, триступеневий реостат і гальмівний механізм.



Рисунок 3.4 – стенд для перевірки генераторів і стартерів 12/24 вольт
BANCHETTO «PROFI» Inverter EVO

Стенд Е-242 (модернізований) (рис. 3.5). Цей універсальний контрольний стенд дозволяє проводити широкий спектр перевірок знятого електрообладнання: генераторів, стартерів, реле, обмоток і напівпровідникових елементів. Вимірює десятки параметрів, включаючи симетрію фаз, падіння напруги на контактах, зворотні струми, частоту обертання тощо. Імітація навантажень максимально наближена до реальних умов експлуатації. Живлення для стартерів подається від АКБ або пуско-зарядного пристрою.



Рисунок 3.5 – Стенд Е-242

Стенд MD1 (12/24 В) (рис. 3.6). Компактний електронний стенд для комплексної перевірки стартерів і генераторів з живленням від мережі 380 В. Оснащений електронним блоком керування, що забезпечує плавний запуск, регулювання обертів до 6000 об/хв, перевірку як силових, так і інформаційних виходів сучасних генераторів. Має зручну систему кріплення агрегатів, цифрову індикацію параметрів і можливість підключення до ПК через USB (версія PRO Print). Габарити – 900×1520×800 мм, маса – 150 кг.



Рисунок 3.6 – Стенд MD1,0

Ці стенди забезпечують можливість як базового контролю, так і глибокої діагностики генераторів та стартерів. Для вибору оптимального варіанту варто враховувати бюджет, вимоги до точності, перелік перевірюваних елементів та можливість модернізації.

Проаналізувавши серійні стенди для випробування автомобільних генераторів, були виявлені такі недоліки:

- деякі моделі не оснащені електроприводом з регульованою частотою обертання (наприклад, Banchetto JUNIOR);
- серед стендів з регульованим електроприводом відсутня можливість підтримувати постійну частоту обертання при зміні навантаження, або ця регуляція здійснюється вручну оператором (наприклад, моделі E-250-02, Скіф-1-04А);

- значне енергоспоживання під час тестування генераторів;
- більшість стендів не мають власного джерела постійного живлення (воно присутнє лише у дуже дорогих моделях);
- висока вартість обладнання.

Таблиця 3.2 – порівняння стендів для випробування автомобільних генераторів та стартерів з їхніми перевагами і недоліками:

Назва стенду	Переваги	Недоліки
MS002 COM 12/24 V	Зручність у використанні; швидкий час перевірки; точність вимірювань; автоматичне кріплення; підтримка багатьох типів реле-регуляторів; плавне регулювання обертів і струму навантаження	Висока вартість (близько 250 000 грн)
SPIN Banchetto JUNIOR 380 B	Компактний; швидкий контроль генераторів і стартерів 12/24 В; базове обладнання; нижча ціна (близько 95 000 грн)	Відсутність регульованого за частотою обертання електроприводу; обмежений функціонал
BANCHETTO «PROFI» Inverter EVO	Потужність до 2000 Вт; безступінчасте регулювання обертів (інвертор); тестування широкого спектру електроагрегатів; цифрові вимірювальні прилади	Висока ціна; складність у керуванні для новачків
Стенд 250-00	Револьюційна методика перевірки; імітація робочих режимів; широкий спектр контрольованих параметрів; можливість діагностики різного електрообладнання	Відсутність власного мережевого джерела живлення для стартера; залежність від акумуляторів
Стенд MD1	Повне електронне керування двигуном; плавне регулювання обертів; високий максимальний струм навантаження; цифрова індикація; USB-модуль для підключення до ПК	Відносно великі габарити і вага; потребує додаткового джерела живлення (акумулятори)

Метою нашої роботи буде модернізація електроприводів існуючих стендів, які наразі не мають можливості регулювання частоти обертання.

3.3 Розробка схеми удосконалення і підбір обладнання

Оскільки модернізований стенд призначений для перевірки автомобільних електричних машин, зокрема генераторів і стартерів, необхідно задати робочі умови, в яких він функціонуватиме.

До основних технічних вимог, що визначають вихідні параметри стенду, належать:

- безступінчасте регулювання частоти обертання приводу в межах 1000–6500 об/хв;
- діапазон навантаження за струмом — від 0 до 120 А;
- джерело живлення для перевірки стартерів: номінальна напруга $U_n = 12$ В, струм — до 1000 А;
- наявність апаратури контролю, захисту та індикації;
- джерело живлення для допоміжного навантаження: $U_n = 12$ В, $I_n = 0...10$ А.

З метою реалізації цих вимог передбачається виконання таких заходів:

- розробка функціональної схеми електроприводу стенду, яка забезпечить необхідні експлуатаційні характеристики;
- вибір відповідного електродвигуна;
- підбір частотного перетворювача;
- вибір датчика обертів (тахометра);
- створення електричної принципової схеми модернізації;
- опис методики експлуатації стенду після модернізації.

На рисунку 3.7 представлено функціональну схему модернізованого електроприводу стенду, що дозволяє плавно регулювати швидкість обертання навантажувального електродвигуна в діапазоні 1000–5000 об/хв. Виходячи з цих вимог, необхідно підібрати відповідний привідний двигун.

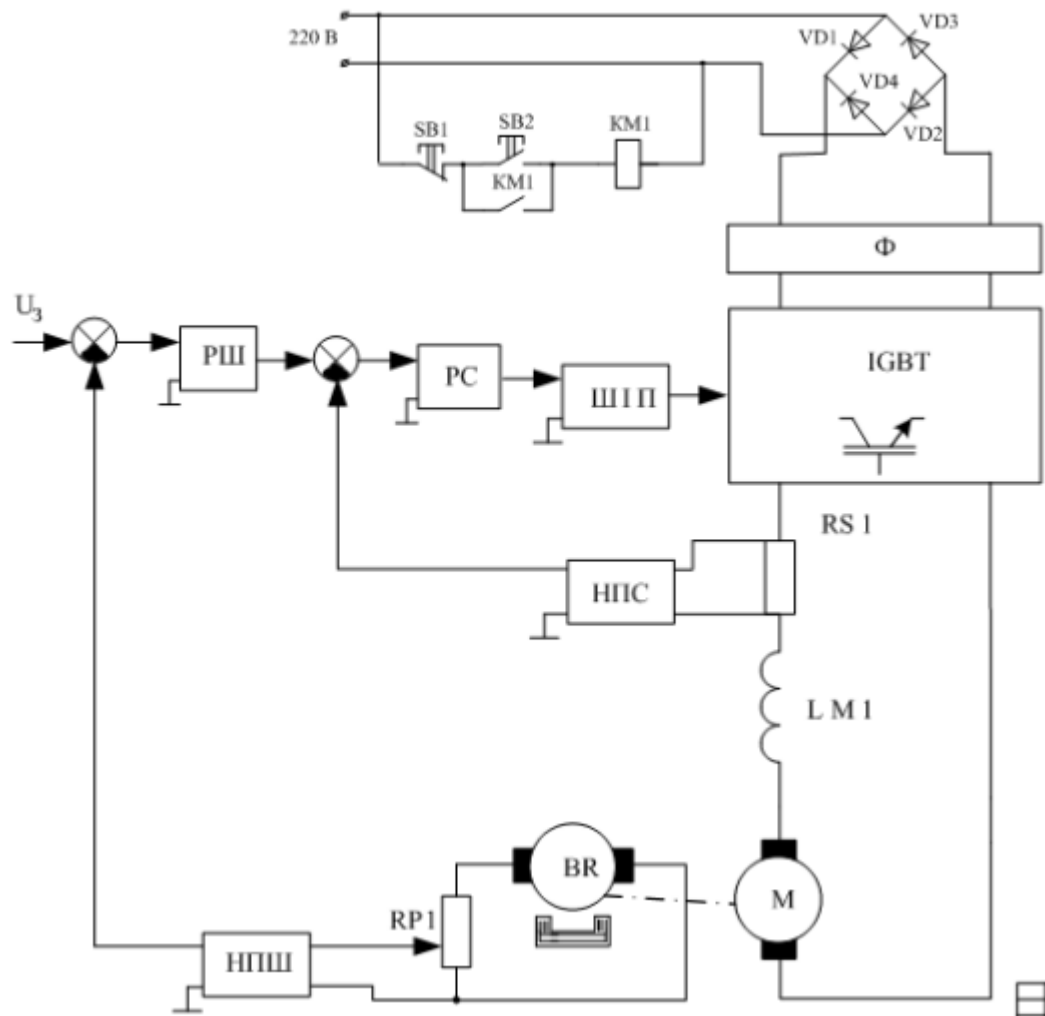


Рисунок 3.7 – функціональна схема удосконаленого приводу

Для проведення розрахунків приймаємо номінальну потужність автомобільного генератора, що становить $P_{ном} = 1120$ Вт. Визначимо крутний момент, що відповідає цій потужності. Зазначений момент також буде моментом опору для асинхронного електроприводу (АТ), і розраховується за формулою (3.1):

$$M_{ген} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{1120}{628} = 1,78 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (3.1)$$

де, $P_{ном}$ — номінальна потужність генератора, Вт;

$\omega_{ном}$ — кутова швидкість обертання, рад/с, яку визначаємо за формулою (3.2):

$$\omega_{ном} = \frac{\pi \cdot n_{ном}}{30} = \frac{3,14 \cdot 6000}{30} = 628 \text{ с}^{-1} \quad (3.2)$$

де $n_{ном}$ — номінальна частота обертання генератора, об/хв.

Навантажувальну характеристику автомобільних генераторів представлено на рисунку 3.8 та в таблиці 3.2.

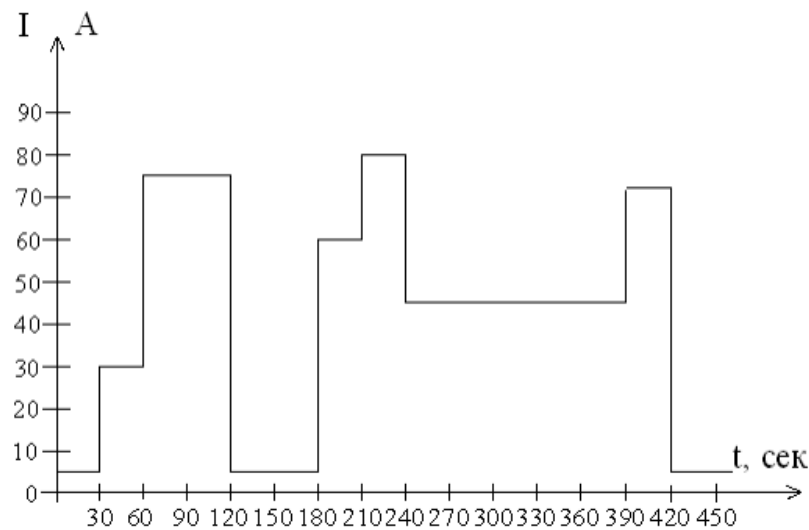


Рисунок 3.8 – Навантажувальна діаграма генератора

Таблиця 3.2 – Дані навантаження генераторів

$I_{ген}, A$	6	31	73	6	6	61	81	46	46	46	73
$R_{н}, Ом$	2,5	0,42	0,17	2,5	2,5	0,21	0,15	0,28	0,28	0,28	0,17
$U_{ген}, В$	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
$P_{н}, Вт$	66	391	937	66	66	781	1041	586	586	586	937

Щоб підібрати навантажувальний електродвигун, необхідно обчислити його потужність за формулою (3.3):

$$P_{дв} = \beta \cdot \omega_{н max} \cdot I_n \cdot \varepsilon_{н max} + M_c \cdot \omega_{н max} = 3,3 \cdot 680 \cdot 1,78 = 3986 \text{ Вт} \quad (3.3)$$

де коефіцієнт $\beta = 3,3$, якщо момент опору $M_c \geq I_n \cdot \varepsilon_{н max}$.

Оскільки значення $I_n \cdot \varepsilon_{н max}$ незначне, ним можна знехтувати.

Кутова швидкість при максимальній частоті обертання становить $\omega_{max} = 678$ рад/с, що відповідає $n = 6510$ об/хв.

На основі даних довідкової літератури обираємо асинхронний електродвигун серії AIP100S2 із номінальною частотою обертання $n_{ном} = 3000$ об/хв (див. таблицю 3.3) [12].

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики електродвигуна серії AIP100S2

Параметр	Позначення	Значення	Одиниця вимірювання
Тип двигуна	—	AIP100S2	—
Номінальна потужність	$P_{ном}$	3,0	кВт
Номінальна частота обертання	$n_{ном}$	3000	об/хв
Номінальний момент	$M_{ном}$	9,55	Н·м
Пусковий момент	$M_{пуск}$	$2,2 \cdot M_{ном} = 21,01$	Н·м
Мінімальний момент	$M_{мін}$	$0,7 \cdot M_{ном} = 6,69$	Н·м
Номінальний струм	$I_{ном}$	6,8	А
ККД	η	0,85	—
$\cos \varphi$	—	0,88	—
Клас захисту	—	IP54	—
Спосіб охолодження	—	IC411	—
Кліматичне виконання	—	У2	—
Габаритні розміри	—	500×280×300	мм
Маса	—	34	кг

Номінальний момент обертання визначається за формулою:

$$M_{ном} = \frac{P_{ном}}{\omega_{ном}} = \frac{4000}{314} = 12,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.4)$$

Пусковий та мінімальний моменти розраховуються відповідно:

$$M_{мах} = 2,2 \cdot M_{ном} = 2,2 \cdot 12,5 = 27,5 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.5)$$

$$M_{пуск} = 2,0 \cdot M_{ном} = 2,0 \cdot 12,5 = 25 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.6)$$

Оскільки розраховані параметри відповідають вимогам

$M_c = 1,78 \text{ Н} \cdot \text{м} < M_{пуск} = 25 \text{ Н} \cdot \text{м}$, вибір привідного електродвигуна є коректним.

Наступним етапом є перевірка двигуна на відповідність тепловим навантаженням за допомогою методу еквівалентного струму, який визначається згідно з формулою (3.7):

$$I_{\Sigma} \leq I_{ном} \quad (3.7)$$

Відхилення струму навантаження I_{Σ} розраховується за формулою:

$$I_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\sum I_i^2 \cdot t_i}{T_{\eta}}} = \sqrt{\frac{5^2 \cdot 30 + 30^2 \cdot 30 + 72^2 \cdot 30 + 5^2 \cdot 30 + 5^2 \cdot 30 + 60^2 \cdot 30 + 80^2 \cdot 30 + 45^2 \cdot 30 + 45^2 \cdot 30 + 45^2 \cdot 30 + 72^2 \cdot 30}{420}} = 47,4 \text{ А} \quad (3.8)$$

Припустивши, що номінальний струм генератора становить $I_{ном} = 80 \text{ А}$, перевіряємо виконання умови нагріву:

$$I_{\Sigma} \leq I_{ном}$$

$$47,4 \leq 80 \text{ А},$$

Оскільки умова виконується, обраний електродвигун відповідає вимогам.

Також розраховуємо розміри привідного шківів: Діаметр шківів генератора $d_1 = 50 \text{ мм}$; Частота обертання вала генератора $n_{ген} = 6500 \text{ об/хв}$.

3.4 Вибір перетворювача частоти для електричної схеми

З метою забезпечення регульованого приводу для випробувального стенду, що дозволяє проводити перевірку стартерів та генераторів автомобілів, було прийнято рішення використовувати частотне регулювання швидкості обертання електроприводу. Такий підхід забезпечує плавне керування частотою обертання приводного двигуна, необхідною для відтворення реальних режимів роботи агрегатів.

Для реалізації частотно-регульованого приводу використовується принцип регулювання частоти напруги живлення, що подається на обмотки статора асинхронного двигуна. Основними елементами такої системи є: перетворювач частоти (ПЧ), навантажувальна машина (НМ) та асинхронний двигун.

Максимальний момент, що розвивається двигуном у такій системі, визначається пропорційною залежністю від квадрату напруги живлення (формула 3.9), а тому для збереження стабільного моменту на валу при зміні частоти важливо також узгоджено регулювати напругу живлення.

$$M_{max.} = k \frac{U^2}{f^2}, \quad (3.9)$$

Структура низьковольтного перетворювача частоти складається з некерованого випрямляча, який перетворює змінну напругу в постійну, інвертора, що генерує напругу змінної частоти, та системи керування на базі мікропроцесора.

Враховуючи технічні вимоги до діапазону регулювання швидкості (1000–6500 об/хв), струму навантаження (0–120 А), джерел живлення та вимог до точності керування, для модернізації стенду було обрано частотний перетворювач CFW-08 Plus.

Цей перетворювач відповідає всім необхідним критеріям:

- забезпечує вихідну частоту до 400 Гц, що дозволяє реалізувати розширений діапазон швидкостей обертання;
- має номінальну потужність 10,6 кВт, що перевищує потужність двигуна (7,6 кВт), що гарантує запас за струмом і тепловим навантаженням;
- оснащений ПД-регулятором для організації замкнутого контуру керування зворотним зв'язком;
- забезпечує високий рівень захисту, точність керування та стабільність частоти обертання навіть за змінного навантаження;
- підтримує плавне регулювання швидкості, що особливо важливо для випробування генераторів, які працюють у широкому діапазоні частот.

Технічні характеристики перетворювача частоти CFW-08 Plus зведено в таблиці 3.4. Його зовнішній вигляд наведено на рисунку 3.9. Таким чином, даний варіант електроприводу на базі CFW-08 Plus повністю відповідає умовам експлуатації модернізованого стенду, забезпечуючи його

функціональність, точність, надійність і можливість подальшого розширення системи автоматизованого керування.

Таблиця 3.4 – Параметри перетворювача частоти CFW-08 Plus:

Параметр	Значення	Од. виміру
Габаритні розміри	196×276×186	мм
Номінальна вихідна потужність	10,6	кВт
Типова потужність двигуна	7,6	кВт
Напруга живлення	380 +10/-15%	В
Частота напруги живлення	47...62	Гц
Вихідна напруга	0–380	В
Вихідна частота	1...400	Гц
Частота модуляції	2500...16000	Гц
Номінальний вихідний струм	16,0	А
Максимальний вихідний струм	22,0	А
Струм спрацювання захисту	41,0	А
Максимальний струм гальмування	24,0	А
Мінімальний опір баластного резистора	28,0	Ом
Потужність втрат у номінальному режимі	166,0	Вт
Максимальна температура радіатора	86,0	°С
Робочий діапазон температур	-10...+40	°С



Рисунок 3.9 – Перетворювач частоти CFW- 08 plus

Схема електрична принципова є на рисунку 3.10.

3.5 Опис проведення діагностики

Перевірка генератора на стенді. Стендові випробування дозволяють оцінити технічний стан генератора та його відповідність номінальним

параметрам. Перед перевіркою слід переконатися, що щітки генератора щільно прилягають до контактних кілець, а самі кільця очищені від забруднень. Схему з'єднання елементів для проведення випробування наведено на рисунку 3.11.

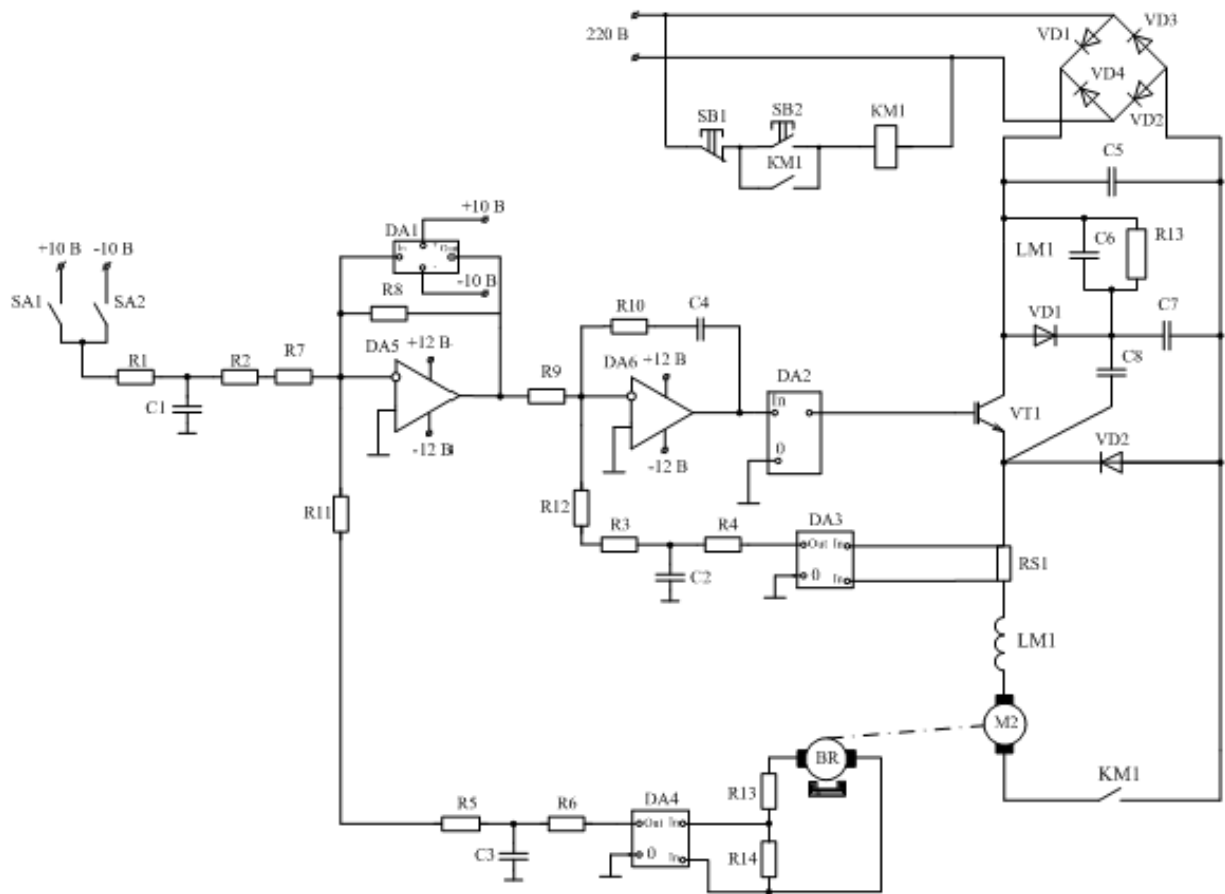


Рисунок 3.10 – Схема електрична принципова модернізована електроприводу стенду.

Генератор встановлюється на стенд відповідно до зазначеної схеми. Після ввімкнення електроприводу стенду за допомогою реостата встановлюють необхідну напругу, збільшуючи оберти ротора до 5000 хв^{-1} .

Генератор працює у цьому режимі не менше 10 хвилин, після чого вимірюється величина вихідного струму. Справний агрегат повинен забезпечувати струм не менше 55 А. Якщо ж він менший — це може свідчити про дефекти в обмотках статора або ротора, або про несправність напівпровідникових елементів випрямляча. У такому разі необхідна додаткова діагностика відповідних компонентів.

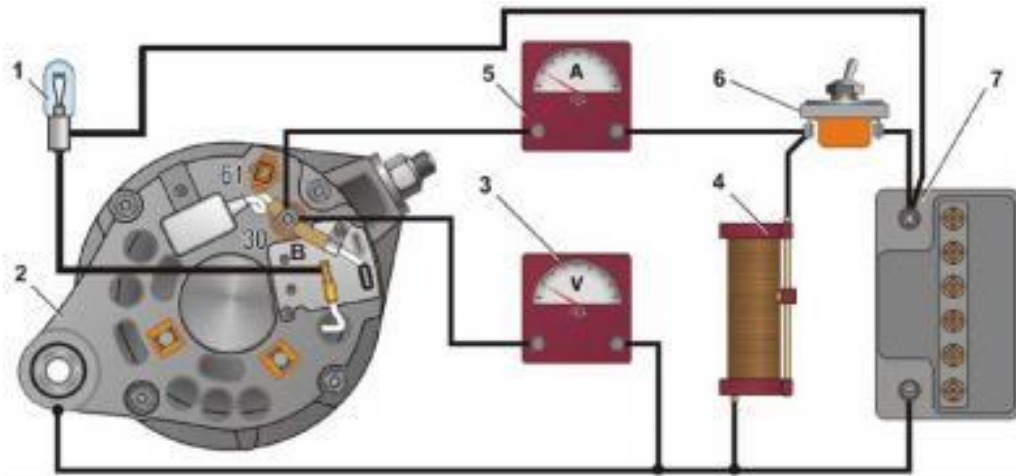


Рисунок 3.11 – Схема підключення генератора до стенду:

1 – контрольна лампа; 2 – генератор; 3 – вольтметр; 4 – реостат;
5 – амперметр; 6 – вимикач; 7 – акумуляторна батарея.

Перевірку вихідної напруги генератора також виконують при частоті обертання ротора 5000 хв^{-1} . За допомогою реостата встановлюється струм навантаження на рівні 15 А, після чого вимірюється напруга на виході. Вона повинна становити $14,2 \pm 0,5 \text{ В}$ при температурі навколишнього середовища та генератора $22 \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Якщо напруга не відповідає цим межам, регулятор напруги замінюють на завідомо справний і перевірку повторюють. У разі стабілізації напруги після заміни, старий регулятор вважається несправним. Якщо ж відхилення залишаються, перевірці підлягають обмотки генератора та випрямляч.

Обмотку збудження можна перевірити без демонтажу генератора, знявши лише захисний кожух і вузол регулятора напруги зі щіткотримачем. Після очищення контактних кілець (за потреби – наждачним папером) обмотку перевіряють омметром або контрольної лампою на відсутність обриву та замикання на корпус (масу).

Діагностика статора. Стан статора аналізується після розбирання генератора (рис. 3.12). Перш за все, омметром або лампою перевіряється цілісність обмоток та відсутність замикань на корпус. Ізоляція провідників повинна бути без ознак перегріву, які зазвичай виникають при коротких замиканнях у випрямлячі. За наявності подібних дефектів обмотка вважається непридатною, і статор підлягає заміні.



Рисунок 3.12 – Розбирання генератора: 1 – регулятор напруги зі щіткотримачем; 2 – регулятор напруги та щіткотримач; 3 – колодка додаткових діодів; 4 – ізолюючі втулки; 5 – випрямляч; 6 – контактний болт; 7 – статор; 8 – ротор; 9 – втулка; 10 – внутрішня шайба підшипника; 11 – кришка з боку приводу; 12 – шків; 13 – зовнішня шайба підшипника; 14 – стяжний болт; 15 – передній підшипник; 16 – втулка; 17 – кришка з боку контактних кілець; 18 – буферна втулка; 19 – підтискна втулка; 20 – конденсатор.

Крім того, обмотки слід обстежити дефектоскопом для виявлення короткозамкнених витків.

Конденсатор використовується для захисту електронного обладнання автомобіля від високовольтних імпульсів та зниження радіоперешкод. Його несправність або ослаблене кріплення можна виявити за характерним посиленням завад у роботі радіоприймача. Перевірка здійснюється за допомогою мегомметра або тестера з діапазоном до 10 МОм. За наявності ємності стрілка приладу спочатку відхиляється в бік зменшення опору, а потім поступово повертається назад. Номінальна ємність повинна становити $2,3 \pm 10$ % мкФ.

Справність діодів випрямляча визначається тим, що вони повинні пропускати струм лише в одному напрямку. Діод, який має обрив або коротке замикання, підлягає заміні. Перевірку можна виконати за допомогою омметра або акумулятора з лампою (1–5 Вт, 12 В).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Робота на діагностичному стенді для перевірки генераторів і стартерів автомобілів пов'язана з дією ряду потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що можуть впливати на безпеку та здоров'я працівника. Основні з них включають: [18]

1. Електричний струм високої сили та напруги. Під час роботи стенду можливе використання струму до 1000 А при перевірці стартерів, що створює реальну загрозу ураження електричним струмом при порушенні ізоляції, неналежному з'єднанні елементів схеми або пошкодженні обладнання.

2. Рухомі частини приводу. В конструкції стенду використовуються привідні вали, шківів, ремені та інші механізми, які обертаються на високих швидкостях. Контакт з ними може спричинити серйозні механічні травми.

3. Підвищений рівень шуму. Під час діагностики електроагрегатів, особливо при імітації навантаження, створюється шумовий тиск, що за тривалої дії перевищує допустимі норми.

4. Тепловий вплив. Електрообладнання та елементи навантаження під час роботи можуть нагріватися до високих температур, що є джерелом опіків.

5. Можливість загоряння. У разі короткого замикання, перевантаження або несправності обладнання можливе займання елементів електричного кола або проводки.

6. Випромінювання. При використанні високочастотного перетворювача частоти відбувається випромінювання ЕМ-поля, що також належить до шкідливих факторів при тривалому впливі.

Для попередження дії цих чинників необхідне виконання комплексу організаційно-технічних заходів, зокрема: регулярна перевірка справності ізоляції, обов'язкове заземлення всіх металевих корпусів, огороження

рухомих частин, вентиляція робочого місця та використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

4.2 Вимоги техніки безпеки при експлуатації стенду

Перед початком роботи оператор повинен пройти інструктаж з техніки безпеки, ознайомитися з конструкцією стенду, схемою підключення та правилами перевірки генераторів і стартерів. Робоче місце повинно бути оснащено попереджувальними написами, інструкціями та надійно освітлене.

До основних вимог техніки безпеки під час роботи на діагностичному стенді належать:

Перевірка справності перед включенням. Необхідно перед кожним запуском перевірити стан ізоляції проводів, наявність пошкоджень кабелів, справність заземлення та корпусів пристроїв.

Використання ЗІЗ. Працівник повинен мати діелектричні рукавички, окуляри для захисту очей, робочий одяг із негорючого матеріалу та спецвзуття.

Заборона доторку до елементів під напругою. Навіть при короткочасному контакті з діючими клемами чи струмоведучими частинами можливе тяжке ураження.

Необхідність повного відключення стенду перед заміною зразка або зміною схеми.** Після завершення перевірки чи перед переходом до наступного зразка слід повністю знеструмити стенд і переконатися у відсутності залишкової напруги.

Контроль за режимом роботи. Під час випробувань забороняється перевищувати встановлені значення навантаження та швидкості обертання. Не допускається довготривала робота в граничних режимах.

Наявність первинних засобів пожежогасіння. У зоні розташування стенду мають бути порошкові або вуглекислотні вогнегасники, придатні до гасіння електроустановок.

Особливу увагу необхідно приділити експлуатації частотного перетворювача CFW-08 plus, який входить до складу електроприводу. В інструкції виробника прямо вказано, що зміни у конфігурації підключення дозволяються лише при повному відключенні живлення. Під час програмування ПЧ потрібно суворо дотримуватись інструкцій, використовувати штатний інтерфейс, уникати випадкового натискання на клавіші в процесі роботи.

Для зменшення негативного впливу шуму та вібрацій рекомендується обладнати робоче місце звукоізолюючими панелями, а також виконувати перевірку генераторів і стартерів у спеціально виділеному приміщенні, ізольованому від основної зони роботи персоналу.

У разі виникнення надзвичайної ситуації (коротке замикання, дим, запах гару, відмова системи керування) слід негайно припинити роботу, вимкнути живлення, повідомити керівника зміни та викликати спеціаліста. [17]

Таким чином, безпечна робота на модернізованому стенді забезпечується за рахунок поєднання технічних заходів (огородження, автоматика захисту, заземлення), організаційних рішень (інструктаж, відповідальність, допуск) та використання засобів індивідуального захисту.

5. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ

Оцінку економічної ефективності модернізації стенду для повірки електрообладнання автомобіля доцільно провести шляхом порівняння вартості існуючого стенду, який буде модернізовано, та витрат на саму модернізацію з вартістю готового високофункціонального стенду, що вже оснащений перетворювачем частоти та регульованим приводним двигуном. [20]

Для порівняння візьмемо наш стенд 380 В SPIN Banchetto JUNIOR і стенд із регульованим електроприводом генератора BANCETTO «PROFI» Inverter EVO. Вартість модернізації нашого стенду разом із придбаним обладнанням наведена у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Витрати на модернізацію

Назва обладнання	Вартість, грн
Стенд 380 В SPIN Banchetto JUNIOR	95 000
Перетворювач частоти CFW-08 plus	18 000
Двигун AIP100S2	7 500
Кріплення двигуна	2 000
Монтажні роботи	3 000
Вартість модернізації стенду	30 500
Загальна вартість	125 500
BANCETTO «PROFI» Inverter EVO2	198 000

Електричний стенд BANCETTO «PROFI» Inverter EVO2 для перевірки генераторів і стартерів на 12 і 24 В коштує 198 000 грн. Його основні характеристики:

Джерело живлення 380 В, 3 фази;

Електродвигун потужністю 5,0 кВт з інверторним регулюванням частоти обертання;

Тестування генераторів 12 і 24 В, потужність 2100 Вт;

Трьохступінчастий реостат, 610 Вт;

Діагностика генераторів з електронним управлінням;

Діагностика електронних регуляторів напруги 12 і 24 В;

Перевірка ізоляції напругою 220 В;

Діагностика електроапаратури 12 і 24 В;

Тестування стартерів з механічним гальмом і без нього;

Електронні вимірювальні прилади для тестування регулятора.

Таким чином, економія при модернізації нашого стенду становить $198\,000 - 125\,500 = 73\,000$ грн.

Вартість однієї діагностики складає близько 300 грн. За 8-годинну зміну на стенді можна провести перевірку 16 генераторів, що дозволить збільшити продуктивність щонайменше на 20 %. Це дасть можливість заробити додатково $4 * 300 = 1200$ грн за зміну. Віднявши витрати на електроенергію, зарплату та інші витрати, чистий прибуток складе не менше 150 грн за зміну. Враховуючи приблизно 240 робочих змін на рік, річний прибуток складе близько 36 000 грн.

Вартість модернізації стенду M_c дорівнює 30 500 грн. Отже, термін окупності модернізації T_m можна розрахувати за формулою:

$$T_m = M_c / \Pi_p = 30\,500 / 36\,000 \approx 0,85 \text{ року.} \quad (5.1)$$

Отже, термін окупності модернізації становить менше одного року, що свідчить про її високу економічну ефективність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті виконання роботи на тему «Розробка дільниці для ремонту автомобільних генераторів з удосконаленням стенду для їх повірки» були досягнуті значущі результати, що підтверджують актуальність і практичну користь дослідження.

На початковому етапі було детально проаналізовано вимоги до проведення ремонтних та діагностичних робіт з автомобільним електрообладнанням, визначено основні види ремонтів і технологічні операції, що забезпечують якісне обслуговування генераторів та стартерів. Також розглянуто будову та принципи роботи системи живлення автомобіля, що дозволило чітко обґрунтувати вибір тематики роботи та визначити ключові напрямки модернізації.

Проведений аналіз трудомісткості ремонтних операцій і діагностики, а також розрахунок необхідної кількості робочих постів і персоналу дозволили оптимізувати організацію дільниці діагностики електрообладнання, що забезпечує підвищення продуктивності роботи і зниження затрат часу.

Окрему увагу було приділено аналізу існуючих на ринку стендів для випробування автомобільних генераторів. Було виявлено ряд недоліків у серійних моделях, таких як відсутність регулювання частоти обертання приводу, велике енергоспоживання, висока вартість, а також недостатнє оснащення джерелами постійного живлення. Ці фактори обґрунтували необхідність модернізації наявних стендів.

У результаті розроблено функціональну схему електроприводу модернізованого стенду, що забезпечує плавне і безступінчасте регулювання швидкості обертання приводного навантажувального двигуна в діапазоні 1000–5000 об/хв. Вибір асинхронного двигуна та сучасного перетворювача частоти CFW-08 plus з мікропроцесорним управлінням дозволяє значно покращити точність і якість проведення випробувань.

Розроблено електричні схеми, підбрано і обґрунтовано основні компоненти системи, що забезпечують надійну та безпечну роботу стенду. Крім того, складено комплекс заходів з охорони праці, що гарантує безпеку персоналу при експлуатації модернізованого обладнання.

Економічний аналіз модернізації показав, що вартість оновленого стенду разом із витратами на модернізацію значно нижча за ціну сучасних високофункціональних стендів із регульованим приводом. При цьому термін окупності інвестицій становить менше року, що свідчить про високий рівень ефективності та рентабельності запропонованого рішення.

Загалом модернізація стенду дозволяє підвищити якість і швидкість діагностики автомобільних генераторів і стартерів, знизити енергоспоживання та експлуатаційні витрати, а також забезпечити надійність і безпеку роботи. Впровадження такої модернізації сприятиме підвищенню продуктивності дільниці ремонту електричного обладнання легкових автомобілів та загальному підвищенню якості обслуговування автомобілів.

Отже, виконані у роботі дослідження та розробки мають вагомое практичне значення і можуть бути рекомендовані для впровадження в автосервісних підприємствах, станціях технічного обслуговування та навчальних закладах, що спеціалізуються на підготовці фахівців у сфері ремонту автомобільного електрообладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антощенко В.М. Трактори та автомобілі. Ч. 4. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання / В.М. Антощенко. — Харків : ХНАДУ, 2016. — 164 с.
2. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів / І.І. Водяник. — Київ : Урожай, 1994. — 224 с.
3. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч. 2. Електрообладнання / М.Ф. Бойко. — Київ : Вища школа, 2011. — 180 с.
4. Хімка С.М., Магац М.І., Шевчук В.В., Сукач О.М. Автомобілі. Частина 1: Загальна будова і трансмісія автомобіля. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт / С.М. Хімка, М.І. Магац, В.В. Шевчук, О.М. Сукач. — Львів : ЛНАУ, 2022. — 88 с.
5. Хімка С.М., Магац М.І., Шевчук В.В., Сукач О.М., Рубан Д.П. Автомобілі. Частина 2: Ходова частина і органи керування автомобіля. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт / С.М. Хімка, М.І. Магац, В.В. Шевчук, О.М. Сукач, Д.П. Рубан. — Львів : ЛНАУ, 2022. — 88 с.
6. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І., Войцехівський С.О. Трактори та автомобілі / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча, С.О. Войцехівський. — Київ : Вища освіта, 2003. — 560 с.
7. Кісліков В.Ф., Лущик В.В. Будова й експлуатація автомобілів : Підручник / В.Ф. Кісліков, В.В. Лущик. — Київ : Либідь, 2006. — 400 с.
8. Сажко В.А. Електрообладнання автомобілів і тракторів : Підручник / В.А. Сажко. — Київ : Каравела, 2008. — 400 с. — ISBN 966-96331-1-7.
9. Electude. Автомобільні основи \[Електронний ресурс] / Electude. — Режим доступу:
[https://lnau.electude.su/bundle_17945301](https://lnau.electude.su/bundle_17945301) (дата звернення: 21.05.2025).
10. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді) : навч. посібник / Р.С. Шевчук. — Львів : ЛНАУ, 2016. — 236 с.

— Режим доступу: <http://gnth.gov.ua> (Депоновано у ДНТБ України, №18-РІД/Ук-2016).

11. Кузнєцов В.А. Конструювання і розрахунок автомобіля. Підвіска автомобіля : Навч. посібник / В.А. Кузнєцов. — Київ : Техніка, 2005. — 64 с.
12. Рампель Й. Шасі автомобіля: Елементи підвіски / Й. Рампель ; пер. з нім. — Київ : Наукова думка, 1990. — 288 с.
13. Кузьменко І.В. Справочник конструктора-машинобудівника : У 3 т. Т.1 / І.В. Кузьменко ; за ред. Г.Г. Гридасова. — Київ : Машинобудування, 1987. — 288 с.
14. Петров В.О. Генератори автомобільні: теорія і практика / В.О. Петров. — Київ : Техніка, 2015. — 320 с.
15. Смирнов І.М. Автомобільні електричні машини: навчальний посібник / І.М. Смирнов. — Львів : ЛНУ, 2018. — 280 с.
16. ДСТУ 12.1.003-03. Система стандартів безпеки праці. Шум. Загальні вимоги безпеки. — Київ : Видавництво стандартів, 2008. — 18 с.
17. ДСТУ 12.1.004-01. Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги. — Київ : Видавництво стандартів, 2002. — 15 с.
18. ДСТУ 12.4.113-02. Система стандартів безпеки праці. Роботи навчальні лабораторні. Загальні вимоги безпеки. — Київ : Видавництво стандартів, 2002. — 20 с.
19. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. — Київ : Урожай, 2008. — 267 с.
20. Мельник Л.Г. Економіка енергетики : навч. посіб. / Л.Г. Мельник. — Суми : ВТД «Університетська книга», 2012. — 238 с.