

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

# Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора

Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр БРМА 23.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
3 курсу групи ЕТс-20-2

  
Підпис

Постернак О.В.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

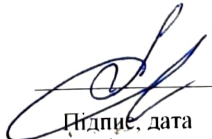
д.т.н., проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

к.т.н., доц. Тимошук О.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

20 06 2023 р.

Хмельницький 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем  
Освітній рівень бакалавр  
Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітня програма Електропобутова техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

  
20. 06 .2023

## ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

**Постернак Олександр Вікторович**

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи **Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора**

керівник роботи **Поліщук О.С., д.т.н, професор**

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 1 03 2023 р. № 5

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 20.06.23 р.

3. Вихідні дані до роботи: **технічні характеристики автомобільних генераторів та вимірювального устаткування.**

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1 **Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи**

2 **Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора**

3 **Розробка методики дослідження автомобільного генератора**

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Аркуш 1. Обладнання для дослідження генераторів. Док. оглядовий (A1).

Аркуш 2. Стенд для дослідження автомобільного генератора. Схема

електрична (A1). Аркуш 3. Стенд для дослідження автомобільного

генератора. Схема структурна (A1). Аркуш 4. Стенд для дослідження

автомобільного генератора. Документ ілюстраційний (A1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 20.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	01.06.23р.	
2 Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора	07.06.23р.	
3 Розробка методики дослідження автомобільного генератора	17.06.23р.	
4 Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	21.06.23р.	

Студент

  
Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської кваліфікаційної роботи студента спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові **Постернак Олександр Вікторович**

---

2. Тема бакалаврської роботи

**Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора**

---

---

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

---

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 4 арк., сторінок записки 58

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки:

**1 Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи**

**2 Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора**

**3 Розробка методики дослідження автомобільного генератора**

**Висновки**

**Перелік джерел посилання**

---

---

---

---

Підпис студента ТОВ

" 26 " 06 2023 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 13 від " 29 " 06 2023 р.

Оцінка проекту ЕК Відмінно 5.0/A

Рекомендації ЕК в кваліфікаційний процес

---

---

Особливі відмітки \_\_\_\_\_



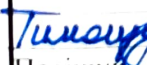


Технічний секретар А

" 29 " 06 2023 р.

## ЗМІСТ

		стор
	Вступ	6
1	Огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	8
1.1	Загальна інформація про електрообладнання автомобіля	8
1.2	Загальна інформація про автомобільний генератор	9
1.3	Огляд обладнання для дослідження автомобільного генератора	13
1.4	Виробники автомобільних генераторів	15
1.5	Огляд обладнання для дослідження, діагностики та обслуговування автомобільних генераторів	17
1.6	Висновки до першого розділу	29
2	Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора	30
2.1	Розробка структурної схеми стенду	30
2.2	Розробка принципової електричної схеми	31
2.3	Розробка лабораторної установки для дослідження автомобільного генератора	33
2.4	Вибір вимірювальної апаратури	39
2.5	Вибір навантаження стенду для дослідження автомобільного генератора	41
2.6	Монтаж елементів стенду та його загальний вигляд	43
2.7	Висновки до другого розділу	45
3	Розробка методики дослідження автомобільного генератора	46
3.1	Технічні та електричні характеристики, що характеризують автомобільний генератор	46
3.2	Розробка лабораторної роботи	51

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Зм	Арк	№докум.	Підпис	Дата				
Виконав		Постернак			Розробка стенду для дослідження автомобільного генератора	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір		Поліщук				б	4	58
Н.контр					ХНУ гр.ЕТс-20-2			
Затвер		Поліщук						

3.3	Висновки до третього розділу	54
	Висновки	55
	Перелік джерел посилання	56
	Додаток А	
	Додаток Б	

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Агрегати сучасних автомобілів вимагають безперебійного постачання електроенергією необхідної якості, тому оперативне визначення технічного стану системи електропостачання є актуальним завданням. У процесі роботи автомобіля відбувається динамічний перерозподіл електроенергії, що витрачається на потреби споживачів між автомобільним генератором та акумуляторною батареєю (АКБ). На ефективність балансу електроенергії на борту автомобіля впливає не тільки потужність споживачів, режим руху автомобіля, погодно-кліматичні фактори, а й технічний стан генератора, проте цьому приділено недостатню увагу.

Генератор – це основне джерело живлення електрообладнання й електричних систем автомобіля. Працює при обертанні, яке передається через приводний ремінь від колінчастого вала двигуна [1-4].

До автомобільних генераторів автовиробники пред'являють високі вимоги по надійності, так як генератор забезпечує безперебійну роботу більшості компонентів сучасного автомобіля

Генератор – один з ключових елементів технічної начинки сучасного автомобіля, від справності і чіткості роботи якого безпосередньо залежить сама можливість руху машини. Власнику авто для кращого розуміння багатьох аспектів експлуатації транспортного засобу важливо розуміти особливості конструкції і принцип роботи автогенератора, його можливі несправності. Це все для того, щоб не залишитися без машини в самий невідповідний момент

До генераторів пред'являються такі вимоги: довговічність та надійність в експлуатації; малі габаритні розміри, маса та вартість; велика питома потужність, можливість забезпечення зарядження акумуляторних батарей за малої частоти обертання колінчастого вала двигуна в режимі холостого ходу [1-4].

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Мета бакалаврської роботи полягає у розробці стенду для дослідження автомобільного генератора.

Науковою новизною вважатимуться експериментально встановлені залежності зміни параметрів генератора при варіації навантажувального та швидкісного режимів роботи. Практична значущість проведених досліджень буде полягати у підвищенні достовірності діагностування генераторів. Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення зміни параметрів системи електропостачання автомобіля у процесі виникнення та розвитку поломок генератора.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Загальна інформація про електрообладнання автомобіля

Важко уявити автомобіль без електроустаткування. Причому автомобілі з бензиновим двигуном не працюватимуть в принципі без електричної складової. Якщо ж говорити про дизельний двигун внутрішнього згорання, то він працюватиме, але процес його пуску вручну для водія стане незабутнім. Без електроустаткування не поїдеш вночі або, наприклад, у дощ, не послухаєш улюблену музику і не увімкнеш відео реєстратор. Простіше кажучи, всі ті маленькі і великі блага в салоні транспортного засобу, як-от підсвічування приладів, освітлення, підігрівання сидінь і багато іншого не будуть доступні водієві та пасажирам для більш-менш комфортного пересування в автомобілі [5].

Для того щоб забезпечити роботу двигуна внутрішнього споживання (якщо він споживає бензин/ газ), зовнішнє освітлення в темний час доби, внутрішньосалонну ілюмінацію, нормальну видимість під час дощу та ще низку істотних і не дуже функцій, в будову автомобіля впровадили електричне устаткування.

Все, що виробляє електричний струм, називається джерелом живлення, все, що поглинає струм, називається споживачем.

Акумуляторна батарея забезпечує електричним струмом всіх споживачів, поки ДВЗ не працює або працює на дуже малих обертах, також є резервним джерелом живлення в разі виходу з ладу автомобільного генератора.

Електричний генератор застосовують для живлення електричним струмом споживачів електроенергії при працюючому двигуні [5].

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

Генератори бувають змінного і постійного струму. На сучасних автомобілях використовують генератори змінного струму, які є більш дешевшими в виготовленні та не складними в обслуговуванні.

Споживачі струму у автомобілі:

- система запалювання (у карбюраторних двигунів), що використовується для запалення робочої суміші в циліндрах;
- система запуску, що забезпечує провертання колінчатого вала і переміщення поршнів під час запуску двигуна, щоб здійснити впорскування в циліндри горючої суміші та її стиск для здійснення перших робочих ходів;
- система освітлення (фари дальнього і ближнього світла, ліхтарі салону) та сигналізації а також контрольно-вимірювальні прилади та додаткова апаратура;
- анти блокувальна система гальм [5].

## 1.2 Загальна інформація про автомобільний генератор

Генератор є основним джерелом живлення електрообладнання та електричної системи автомобіля. Він працює за рахунок обертання, що передається від колінчастого валу двигуна через приводний пас [1].

Несправності генератора можна розділити на механічні та електричні.

Механічні несправності виникають при пошкодженні наступних компонентів

- зношення шківів приводу генератора;
- корозія на статорі;
- зношення вугільних щіток;
- зношення колекторних кілець;
- заклинювання/зношення підшипників генератора;
- механічні пошкодження корпусу генератора [1].

Що стосується електричних поломок, то вони можуть включати в себе:

- замикання та/або обрив обмотки статора;

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



з'єднанні з контактним кільцем. Генератори в основному оснащуються циліндричними мідними контактними цільцями [6-10].



1 - вал ротора; 2 - полюси ротора 3 - обмотка збудження;  
4 - контактні кільця

Рисунок 1.2 – Будова ротора:

Статор (рис. 1.3) це трубчастий корпус, виготовлений зі сталевого листа. У його пазах розташовані трифазні обмотки, які генерують струм.



1 - обмотка статора 2 - виводи обмоток 3 - магнітопровід

Рисунок 1.3 – Будова статора:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
11

Основна частина випрямляча (діодний міст) зображена на рис. 1.4 і складається з шести діодів, розташованих попарно на провідній основі. На виході змінна напруга перетворюється на постійну. Мости також називають «підковоподібними» через те, що вони схожі на цей виріб [6-10].



Рисунок 1.4 – Діодний міст

Корпус генератора (рис. 1.5) складається з двох кришок, передньої (з боку шківів) і задньої (з боку контактної кільця), призначених для встановлення статора, кріплення генератора до двигуна і розміщення підшипників (опор) ротора. Задня кришка містить випрямляч, щітковий блок, стабілізатор напруги (якщо він вбудований) і зовнішні клеми для підключення до електромережі;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
12



Рисунок 1.5 – Корпус генератора

Принцип роботи автомобільного генератора полягає в наступному [11-12]. При повороті ключа запалювання на обмотку ротора подається напруга, яка проходить через контактне кільце і щітковий блок. В результаті навколо обмотки створюється магнітне поле. Це магнітне поле завжди обертається разом з ротором двигуна і взаємодіє з обмоткою статора. В обмотці статора генерується струм, який подається на діодний міст. На виході діодного моста струм вже має постійне значення. Цей струм подається на стабілізатор напруги і використовується для живлення споживачів та акумуляторів.

### 1.3 Огляд обладнання для дослідження автомобільного генератора

До обладнання для дослідження генератора може віднести наступні компоненти [3-10]:

- навантаження яке дозволяє створити штучне електричне навантаження для тестування генератора. Це може бути електрична резисторна навантажувальна банка або спеціалізований пристрій, що дозволяє моделювати реальні умови споживання електричної енергії в автомобілі;

- вольтметри та амперметри. Вольтметри та амперметри можна використовувати для вимірювання напруги та струму, що виробляються

генератором. Вони забезпечують точне вимірювання електричних параметрів генератора;

- лабораторний блок живлення: лабораторний блок живлення видає постійну напругу на генератор і ланцюги управління. Це забезпечує однакові умови при тестуванні та порівнянні різних генераторів;

- автомобільні інвертори можна використовувати як тестові навантаження для автомобільних генераторів змінного струму. Інвертори можуть перетворювати постійну напругу бортової мережі автомобіля в змінну і забезпечувати живлення різних електричних пристроїв, які потребують змінної напруги. Підключивши автомобільний інвертор до генератора, можна перевірити його здатність забезпечувати стабільну, якісну змінну напругу в реальних умовах. Тести можуть аналізувати ефективність генератора, стабільність напруги і струму, якість змінної напруги і реакцію генератора на коливання навантаження. Крім того, автомобільні інвертори можна використовувати для імітації реального використання електрообладнання в транспортних засобах. Наприклад, його можна підключити до генератора, щоб побачити, як генератор реагує на навантаження, що генерується інвертором, при використанні обладнання змінного струму, такого як побутова техніка та електроніка. Під час підключення автомобільного інвертора до генератора важливо враховувати максимальну потужність генератора і переконатися, що вона не перевищує потужність інвертора;

- асинхронний двигун як, привод для автомобільного генератора. Цей метод можна використовувати для тестування і вивчення роботи генератора в різних умовах. Щоб використовувати асинхронний двигун як привод для автомобільного генератора, потрібно з'єднати його пасовою передачею з ротором генератора Після підключення ротор асинхронного двигуна обертається і на генератор подається механічне навантаження. У цьому експерименті можна дослідити різні параметри генератора за різних умов обертання. Наприклад, вихідна напруга і струм генератора можуть бути

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

виміряні при різних швидкостях обертання асинхронного двигуна. Це дає можливість встановити залежність між швидкістю обертання і вихідною потужністю генератора;

- для керування генератором автомобіля можна використовувати частотний перетворювач і можна імітувати різні режими роботи, змінюючи частоту струму, що подається на генератор [13]. Перетворювач частоти дозволяє досліджувати різні параметри генератора, змінюючи частоту вхідного струму. Наприклад, вихідну напругу і струм можна вимірювати на різних частотах, щоб оцінити продуктивність генератора за різних умов. Перетворювачі частоти також можна використовувати для виявлення проблем з генераторами. Наприклад, можна перевірити його стабільність і здатність підтримувати вихідну напругу при зміні частоти.

#### 1.4 Виробники автомобільних генераторів

Ринок автомобільних генераторів був оцінений у 23,18 млрд. доларів США в 2021 році, і очікується, що до 2027 року він досягне 34,01 млрд. доларів США, що означає середньорічний темп зростання більше 6,02% протягом прогнозованого періоду з 2022 по 2027 рік.

До 2018 р. спостерігалось зростання світового попиту на легкові та комерційні автомобілі. У 2019 р. через уповільнення темпів зростання економіки спостерігався невеликий спад продажу автомобілів. Це зниження продовжилось в 2020 році через спалах COVID-19, який призвів до тимчасової зупинки кількох підприємств з виробництва автомобілів та компонентів. Це перешкоджає зростанню ринку катушок запалювання.

Зростання попиту на гібридні системи трансмісії в транспортних засобах і суворі норми викидів є основними факторами, що стимулюють розвиток ринку автомобільних генераторів протягом прогнозованого періоду. Очікується, що в міру зростання технологій та суворих вимог до викидів виробники

оригінального обладнання (ОЕМ) більше переходитимуть на електромобілі, що може трохи стримати зростання ринку в найближчому майбутньому.

Найвідоміші виробники автомобільних генераторів: Bosch, Butec, Cav, Delco Remy, Delphi, Denso - Nippondenso, Ducellier, Ford, Hitachi, Iskra, Leese-Neville, Lucas, Magneti Marelli, Magneton, Motorola, Nikko, Mitsuba, Mitsubishi, Poong Sung, Prestolite, Sawafuji, Valeo [14].

В зв'язку із тим, що в бакалаврській роботі буде досліджуватися генератор компанії Bosch коротко зупинимося на даній фірмі - виробнику.

Компанія Bosch – це німецька корпорація зі 120-річною історією свого існування. За всі ці роки компанія зарекомендувала себе на ринку технологій як виробник якісних запчастин на автомобілі та різну техніку побутового використання [15].

Генератори від Bosch призначені для використання всіма видами транспорту: легковими, вантажними автомобілями, с/г технікою та іншими. Генератор – це агрегат, основне завдання якого з механічної енергії створювати електричний струм. Його основні вимоги:

1. Генератор зобов'язаний надавати постійну подачу електричного струму і мати достатню потужність, щоб при запуску електричного двигуна не відбувався швидкий розряд акумуляторної батареї і щоб напруга на борту автомобіля не була нижчою або вищою за встановлену норму.

2. Генератор повинен мати великий ресурс експлуатації, бути міцним, мати компактні габарити і невелику вагу, а також мати невисокий рівень шуму.

Генератор Bosch відомий усьому світу як невибагливий автомобільний агрегат, який безперебійно працює протягом усього свого терміну експлуатації і дуже простий у ремонті. У європейських країнах у 70% автомобілів встановлено генератор від компанії Bosch. Загальний вигляд автомобільного генератора Bosch приведено на рис.1.6.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		16



Рисунок 1.6 - Загальний вигляд автомобільного генератора Bosch

1.5 Огляд обладнання для дослідження, діагностики та обслуговування автомобільних генераторів

Перевірку генераторів, знятих з автомобіля, проводять на різноманітних стендах. Розглянемо деякі основні стенди для дослідження автомобільних генераторів.

Перевірка технічного стану генераторів безпосередньо на автомобілі проводиться за допомогою приладу E-214 або пересувного електронного стенду E-205 на постах діагностування електрообладнання автомобілів (рис.1.7) (аркуш [БРМА23.00.00.000ДО]) [16].

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
17

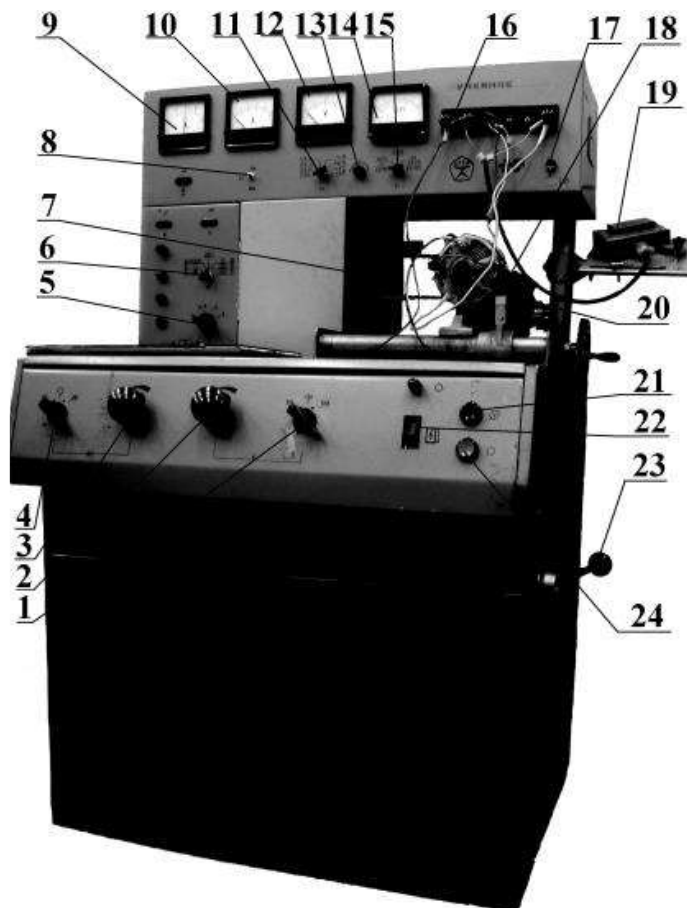
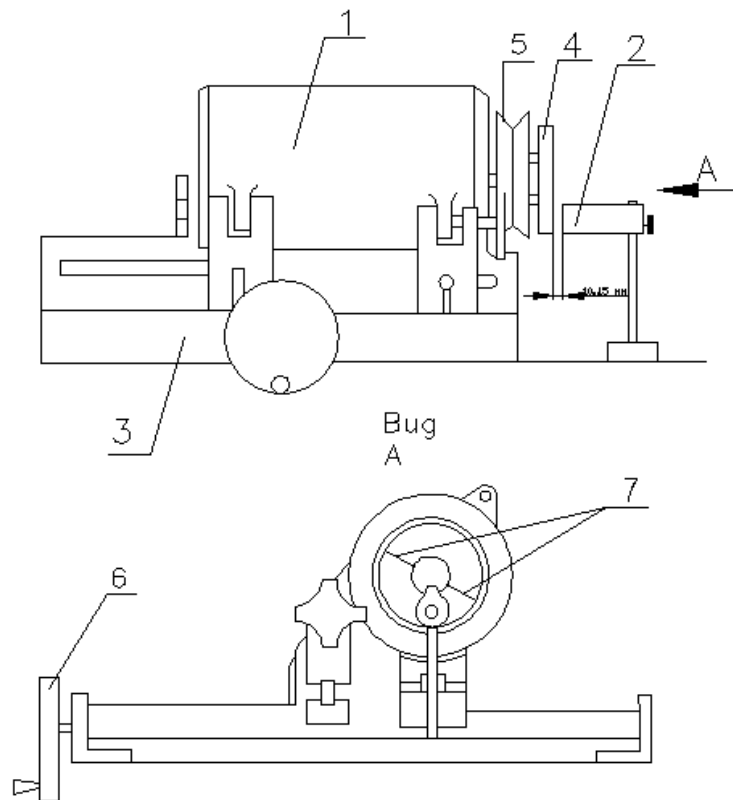


Рисунок 1.7 - Зовнішній вигляд стенда 532-2М для перевірки генераторних установок

Насамперед вимірюється напруга на затискачах «+» і «-» генератора при середній та великій частоті обертання двигуна. Актуальним є спосіб діагностування генераторної установки за допомогою осцилографа як в режимі штатного функціонування, так і при перевірці на стенді. Використовуючи еталонні осцилограми можна з достатньою точністю визначити не тільки несправність генераторної установки в цілому, але і конкретну несправність, а також встановити причину її появи.

Установка генератора на стенді проводиться у затискному пристрої 20, як показано на малюнку 2.11. Шків генератора 5 з'єднується з приводним шківом 7 стенда клиноподібним ременем (рис.1.8). Натяг ременя регулюється поворотом

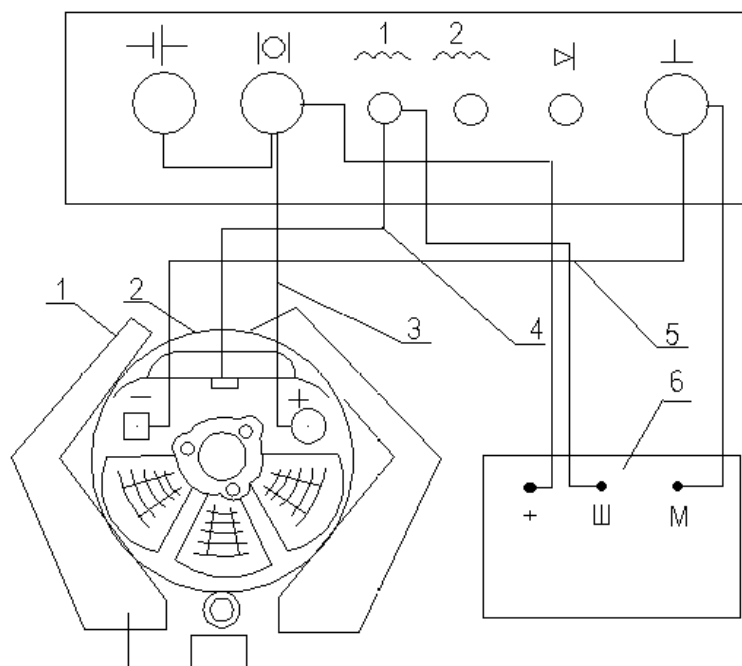
рукоятки 6 гвинтової подачі затиску 3. Установка регулятора напруги на стенді проводиться на поворотному майданчику 19 за допомогою гвинтових затискачів. Майданчик необхідно повернути і закріпити так, щоб контрольований регулятор знаходився в робочому положенні (як на автомобілі). Інтегральний регулятор напруги встановлюється безпосередньо на генераторі.



1 - генератор; 2 – датчик тахометра; 3 – затискач; 4 – гумова втулка; 5 – шків генератора; 6 – рукоятка ручки затиску; 7 – мінові ризики

Рисунок 1.8 – Схема установки генератора та датчика тахометра на стенді:

З'єднання висновків генератора з роз'ємами панелі стенда 16 проводиться у відповідності з рис.1.9.



1 – затискач станду; 2 – генератор; 3 – позитивний висновок генератора; 4 - виведення обмотки збудження генератора; 5 – негативний висновок генератора; 6 – регулятор напруги

Рисунок 1.9 – З'єднання виводів генератора з роз'ємами панелі станду:

Стенд для діагностики генераторів і стартерів - MS005 [17].

MS005 – це діагностичний багатофункціональний стенд, що призначений для швидкої та якісної діагностики автомобільних генераторів і стартерів з номінальною напругою 12/24 В, електрогенераторів з вакуумним насосом і автомобільних акумуляторів (рис.1.10).

Установка MS005 дозволяє оцінити технічний стан стартерів та генераторів легкових, і вантажних автомобілів, визначити причину можливої несправності, а також провести контрольне випробування після ремонту. Стенд може застосовуватися для дослідження роботи генераторів та дозволяє записувати і зберігати в зручному форматі всі дані робочого процесу генератора, що може бути корисно їх розробникам і виробникам.



Рисунок 1.10 - Стенд для діагностики генераторів і стартерів MS005

Застосування стенду.

Стенд забезпечує комплексну оцінку працездатності генераторів з вакуумним насосом і кислотно-свинцевих автомобільних акумуляторних батарей.

Переваги стенду:

- відображення параметрів, що вимірюються у вигляді графіків;
- діагностика генераторів з вакуумним насосом;
- діагностика автомобільних акумуляторних батарей;
- зручна система кріплення агрегату на стенді без застосування додаткових інструментів;
- автоматична натяжка паса генератора;
- спеціальні діагностичні кабелі для підключення до генераторів, що прискорюють і спрощують процес під'єднання;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
21

- тепловізійна камера для відстеження температури діагностичного агрегату;
- база результатів по виконаним автоматичних перевірках;
- база даних генераторів;
- діагностика генератора в автоматичному режимі;
- підготовка даних для друку результатів перевірки агрегатів;
- сенсорний дисплей з діагоналлю 12";

Стенд для перевірки генераторів Motorherz ME-1A [18].

Стенд призначений для перевірки без безпосередньої установки на автомобіль працездатності генераторів та стартерів легкових та вантажних автомобілів з бортовою мережею 12 та 24В та вимірювання їх електричних параметрів (рис.1.11).



Рисунок 1.11 - Стенд для перевірки генераторів Motorherz ME-1A

Живлення стенда здійснюється від мережі змінного струму 220 В чи 380 В (залежно від версії виконання). Стенд обладнаний електронним керуванням двигуна, що забезпечує плавний пуск та зупинку двигуна, плавне регулювання обертів шківів двигуна від 0 до 3000 об/хв у прямому та реверсивному режимах.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

Максимальний струм навантаження при перевірці генераторів - до 155А (до 200А в регуляторах зі змінною напругою), що забезпечується включенням 5 незалежних активних навантажувальних режимів (у версії стенду для мережі живлення 220 В максимальний струм навантаження при перевірці генераторів - до 105А (до 140А в регуляторах з напругою, що змінюється).

В стенді забезпечується перевірка як силових, а й інформаційних виходів сучасних генераторів: L (D+), P-D, FR-SIG, DFM (LOW і HIGH), RLO, BSS/COM і LIN. Також забезпечується перевірка генераторів із зовнішніми реле регуляторами А та В типів. На приладах у процесі вимірювання відбувається наочна цифрова індикація вимірюваних (струм та напруга) параметрів.

Характеристики стенду:

- напруга перевірених стартерів/генераторів 12-24 В;
- потужність генераторів, що перевіряються 0-250 А;
- потужність стартерів, що перевіряються 0-5500 Вт;
- потужність навантаження генераторів, що перевіряються 0-155 А;
- плавне регулювання обертів 0-3000 об/хв. (на шківі генератора 0-6000 об/хв);
- перевіряє всі типи генераторів D+, L-DFM, FR-SIG, P-D, COM, LIN, RLO з будь-яким кріпленням;
- перевірка всіх генераторів із зовнішніми реле регуляторами керованими полем А та В;
- живлення стенду 380В;
- габаритні розміри стенду 600x800x700мм;
- вага 100кг.

Стенд для перевірки стартерів і генераторів DIGIBENCH BASIC Spin Італія [19].

Випробувальний стенд для перевірки стартерів і генераторів легкових і вантажних автомобілів, а так само сільськогосподарської техніки DIGIBENCH

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		23

BASIC Spin Італія застосовується для випробувань звичайних генераторів і керованих генераторів блоком управління (PRO версія) (рис.1.12).



Рисунок 1.12 - Стенд для перевірки стартерів і генераторів  
DIGIBENCH BASIC Spin Італія

Особливості стендів DIGIBENCH:

- опора з кріпильною стрічкою для генераторів;
- перевірка генераторів нового покоління за допомогою зовнішніх симуляторів (стандарт для версії PRO);
- спеціальний кронштейн для генераторів Mercedes;
- випробування пластин діодів багатополюсним кабелем;
- освітлення стільниці;
- цифрові прилади 3 ½ 1 розряду " багатфункціональні;
- випробування двигунів з механічним гальмом і 3-х зубчастими кільцями;
- зміна оборотів з професійним інвертором.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
24

Функція звичайного генератора. Підтримувати постійну напругу між регулятором напруги +/--. Ще 10 років тому функція генератора змінного струму полягала у виробництві випрямленого струму до постійної напруги для різних навантажень автомобіля. Якщо навантаження збільшуються, напруга падає а акумуляторна батарея забезпечує потрібний струм. Під час запалювання напруга акумуляторної батареї не може бути достатньою що б запустити двигун.

#### Технічні характеристики DIGIBENCH BASIC:

- генератори 12-24 В;
- напруга живлення 220 В 1фаза;
- плавне регулювання швидкості обертання;
- вольтметр 0-99,9 / цифровий амперметр 0 - 1999А;
- термомагнітний захист від постійного струму;
- інвертор обертів двигуна;
- наявність поверхні для кріплення генераторів;
- наявність спеціальних кронштейнів;
- заряджаючий реостат 200 Вт (14В);
- максимальна потужність генератора 1200 Вт, 12-24 В;
- наявність освітлення робочої поверхні (LED);
- габаритні розміри, мм 55 x 60 x 138;
- вага станду 60 кг.

Стенд для перевірки стартера та генератора E250M-02 [20].

Контрольно-вимірювальний стенд для перевірки та ремонту знятого з автомобіля електрообладнання: генераторів на холостому ходу та під навантаженням, стартерів у режимах холостого ходу та повного гальмування, реле-регуляторів, тягових реле стартерів, реле-переривників, комутаційних реле, електроприводів агрегатів приладів, резисторів. Як джерело стартерного живлення застосовується мережеве джерело живлення.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		25

Стенд E250M – це контрольно-вимірювальний пристрій з мікропроцесорним керуванням, цифровою обробкою сигналу та бездротовим зв'язком з комп'ютером (рис.1.13).



Рисунок 1.13 - Стенд для перевірки стартера та генератора  
E250M-02

Стенди призначені для діагностики знятого з автомобіля та нового електрообладнання в умовах автотранспортних підприємств, авторемонтних заводів, фірм та майстерень, станцій технічного обслуговування автомобілів, для профільних навчально-освітніх установ та магазинів автозапчастин. Принцип роботи стану полягає в імітації робочих режимів та вимірюванні вихідних характеристик електроустановки з метою перевірки його працездатності, визначення технічного стану та пошуку несправностей.

Технічні характеристики стану для перевірки стартера та генератора E250M-02 приведені в табл.1.1.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики стенду для перевірки стартера та генератора E250M-02

№	Параметр	Величина
1	Тип конструкції	стаціонарний
2	Генератори, що перевіряються	потужністю до 6,5 кВт у режимі холостого ходу (х.х.) та під навантаженням величиною до 3 кВт зі струмом навантаження до 160 А
3	Напруга електрообладнання, що перевіряється, В	12 / 24 (14 / 28)
4	Електроживлення стенда	від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В, частотою 50 Гц
5	Максимальна потужність під час перевірки стартерів, кВт•А	20
6	Діапазони вимірювання сили постійного струму А	0,5–5; 5–150; 150-500; 300-1000
7	Діапазони вимірювання напруги постійного та змінного струму	0,2–2; 2–20; 20–40
8	Діапазон вимірювання частоти обертання, об/хв	500-9500
9	Частота обертання приводу стенду, об/хв	500-6000
10	Діапазони вимірювання опору постійному струму, Ом	1-100; 1-100 000
11	Діапазон вимірювання моменту, що крутить, Н•м	10–100
12	Габарити, мм	780x1130x1480
13	Маса нетто (брутто), кг	240

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
27

Стенд для випробувань генераторів і стартерів 12-24 В Banchetto Inverter Spin [21].

Загальний вигляд стану для випробувань генераторів і стартерів 12-24 В Banchetto Inverter Spin представлено на рис.1.14.



Рисунок 1.14 - Стенд для випробувань генераторів і стартерів 12-24 В Banchetto Inverter Spin

Стенд невеликого розміру для перевірки генераторів і стартерів (12 і 24 В)  
Оптимальне співвідношення ціна/якість, відмінно підходить для механічних/електричних майстерень і продавців запасних частин.

Регулювання швидкості (тільки версія з інвертором).

Можливе проведення наступних випробувань: випробування генераторів 12-24 В з реостатом зарядки і аварійною сигналізацією.

Випробування стартера: без навантаження.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
28

Технічні характеристики стенду:

- робота з генераторами 12-24 В;
- напруга живлення 220В 1фаза;
- мотор 3 Нр;
- плавне регулювання швидкості обертання (інвертер);
- заряджаючий реостат 200Вт;
- максимальна потужність генератора 1200Вт;
- можливість перевірки якорів роторів;
- можливість перевірки електрообладнання 12 - 24 В;
- можливість перевірки стартерів 12-24 без навантаження;
- габаритні розміри, мм 75x75x80.

#### 1.6 Висновки до першого розділу

В даному розділі проводиться огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи. Наводиться загальна інформація про електрообладнання автомобіля та автомобільний генератор. Здійснюється огляд та аналіз обладнання для дослідження автомобільних генераторів. Наводиться інформація про виробників даних приладів.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

## 2 РОЗРОБКА СТЕНДУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

### 2.1 Розробка структурної схеми стенду

Структурна схема - це сукупність елементарних ланок об'єкта та зв'язків між ними, один із видів графічної моделі. Під елементарною ланкою мається на увазі частина об'єкта, системи керування тощо, яка реалізує елементарну функцію.

Розробка структурної схеми відіграє важливу роль у процесі проектування в багатьох галузях, включаючи інженерію, програмування, архітектуру та електроніку. Ось деякі з причин, чому структурні схеми потрібні:

- візуалізація структурної схеми - це візуальне представлення системи, проекту або програми. Вона дозволяє розробникам та інженерам повністю зрозуміти структуру системи та взаємозв'язки між її компонентами. Це дозволяє їм легко маніпулювати складними системами та аналізувати їхні елементи;

- аналіз та вдосконалення: блок-схеми дозволяють виявити слабкі, неефективні або непотрібні компоненти системи. Аналізуючи діаграму, можна знайти можливості для оптимізації, покращення та усунення непотрібних елементів. Це може покращити функціональність, продуктивність та ефективність системи.

Елементарні ланки зображуються прямокутниками, а зв'язки між ними суцільними лініями зі стрілками, що показують напрямок дії ланки.

Для того, щоб розробити стенд для дослідження автомобільного генератора було розроблено структурну схему.

В розроблену структурну схему входить: блок живлення БЖ; частотний перетворювач ЧП, асинхронний двигун Д, блок навантаження БН, акумуляторна батарея АКБ і блок вимірювальної апаратури БВА (рис. 2.1, аркуш [БРМА23.00.00.000Е1]).

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

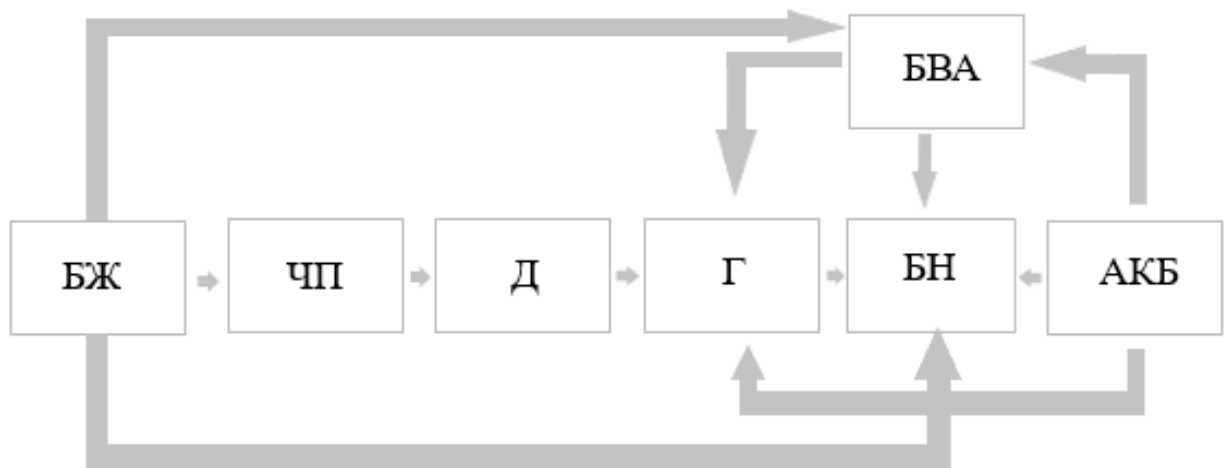


Рисунок 2.1 - Структурна схема стенду для дослідження автомобільного генератора

## 2.2 Розробка принципової електричної схеми

Розробка принципової електричної схеми є рядом кроком у процесі проектування електричних пристроїв, систем або схем. Ось кілька причин, чому розробка принципової електричної схеми потрібна:

- встановлення параметрів та компонентів. Принципова електрична схема застосування параметрів компонентів, таких як резистори, конденсатори, індуктивності тощо, що використовуються в схемі. Вона також вказує на потрібні джерела живлення та їх параметри. Це дозволяє розробити оптимальну схему конфігурації з необхідними компонентами;

- виявлення помилок та проблем. Принципова електрична схема дозволяє заздалегідь визначити можливість помилки або проблеми в роботі. В окремих випадках аналізу схеми можна виявити несправності, перекриття, конфлікти сигналів та інші проблеми, які можуть виникнути при реалізації схеми;

- документація. Принципова електрична схема служить важливою документацією для проекту. Вона дає можливість зберігати та передавати

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

знання про схеми між розробниками, інженерами та іншими зацікавленими сторонами.

Таким чином, створення принципової електричної схеми - це етап в процесі проектування електричної системи або пристрою, готовий до визначення, аналізу та визначення параметрів і правильності схеми до того, як відбудеться фізична реалізація.

Використовуючи розроблену структурну схему, було розроблено принципову електричну схему стенду для дослідження автомобільного генератора. Дана схема приведена на рис.2.2 (аркуш [БРМА23.00.00.000Е2]).

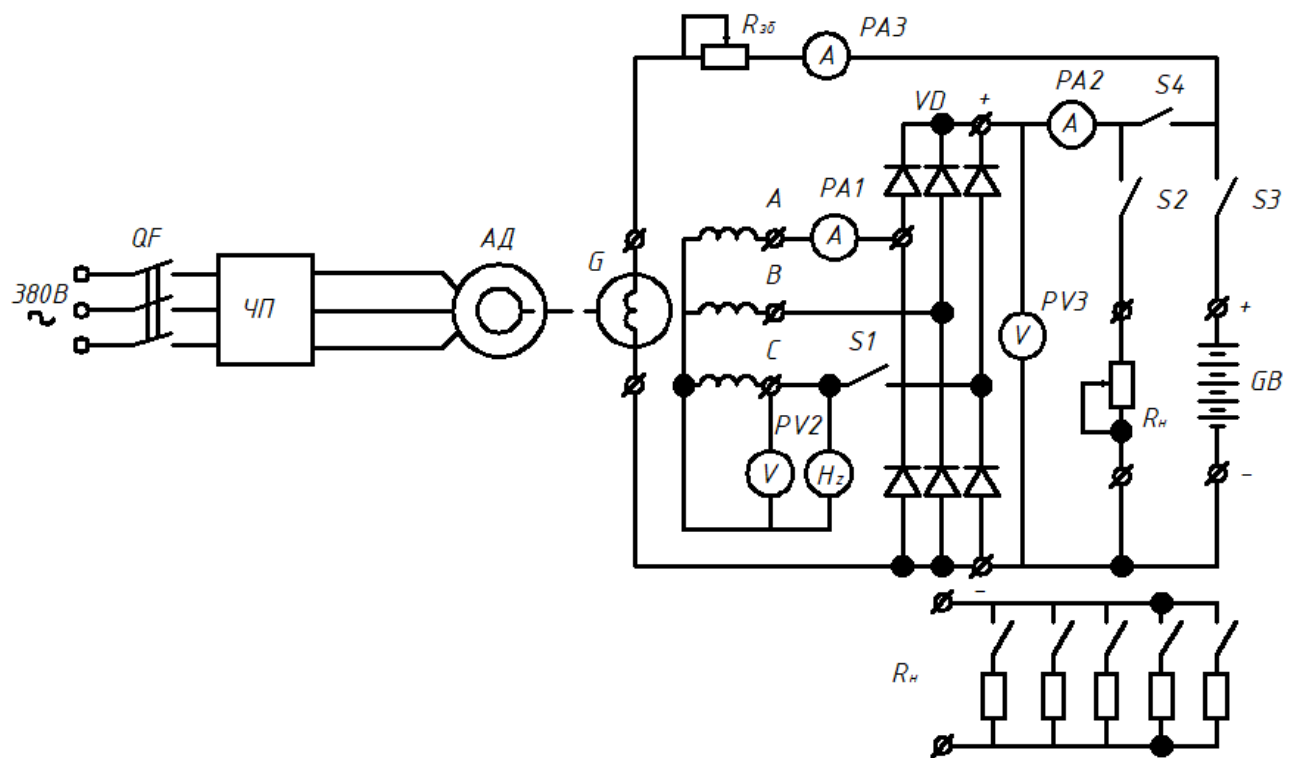


Рисунок 2.2 – Електрична принципова схема стенду для дослідження автомобільного генератора

## 2.3 Розробка лабораторної установки для дослідження автомобільного генератора

### 2.3.1 Вибір автомобільного генератора

При виборі автомобільного генератора варто врахувати наступні фактори:

1. Потужність генератора відповідно до дослідження, що буде проводитися. Потужність може змінюватися від кількох кіловат до десятків кіловат, залежно від конкретної потреби.

2. Вихідна напруга, більшість автомобільних генераторів забезпечують стандартну напругу 12 В або 24 В, яка використовується в доступних автомобільних системах. Однак, для деяких досліджень можуть знадобитися спеціальні напруги, тому варто врахувати цей фактор.

3. Ефективність. Вона впливає на його продуктивність і витрати енергії. Вибір генератора з високою ефективністю допоможе зменшити втрати енергії та досягти оптимальної продуктивності.

4. Надійність та якість. Обрати потрібно генератор відомого виробника з стабільними характеристиками.

В даному стенді використовується автомобільний генератор фірми BOSCH з серійним номером 045 903 023 (рис.2.3) [22].

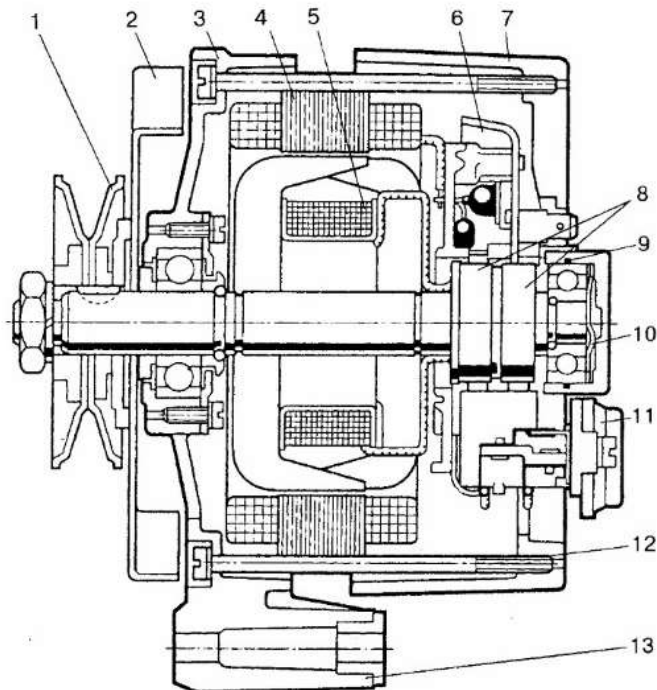
Технічні характеристики генератора:

- номінальний струм – 90 А;
- напруга – 12 В;
- діаметр шківів – 56 мм;
- клемма – М8;
- вага – 5.9 кг.



Рисунок 2.3 – Автомобільний генератор фірми BOSCH з серійним номером 045 903 023

Внутрішня будова генератора Bosch представлена на рис.2.4.



- 1 - шків; 2 - вентилятор; 3,7 – передня і задня кришка; 4 – статор; 5 – обмотка збудження; 6 – випрямляючий блок; 8 – контактні кільця; 9 – гумове кільце; 10 – притискна шайба; 11 – вузол «щіткотримач-регулятор напруги»; 12 – стяжний гвинт; 13 - лапа для кріплення

Рисунок 2.4 – Внутрішня будова генератора Bosch:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
34

## Принцип дії вентиляного генератора.

Синхронні генератори Vocsh мають в основному електромагнітне збудження, тому що в цьому випадку легко здійснюється підтримка постійної напруги на генераторі в широкому діапазоні частоти обертання (рис.2.5).

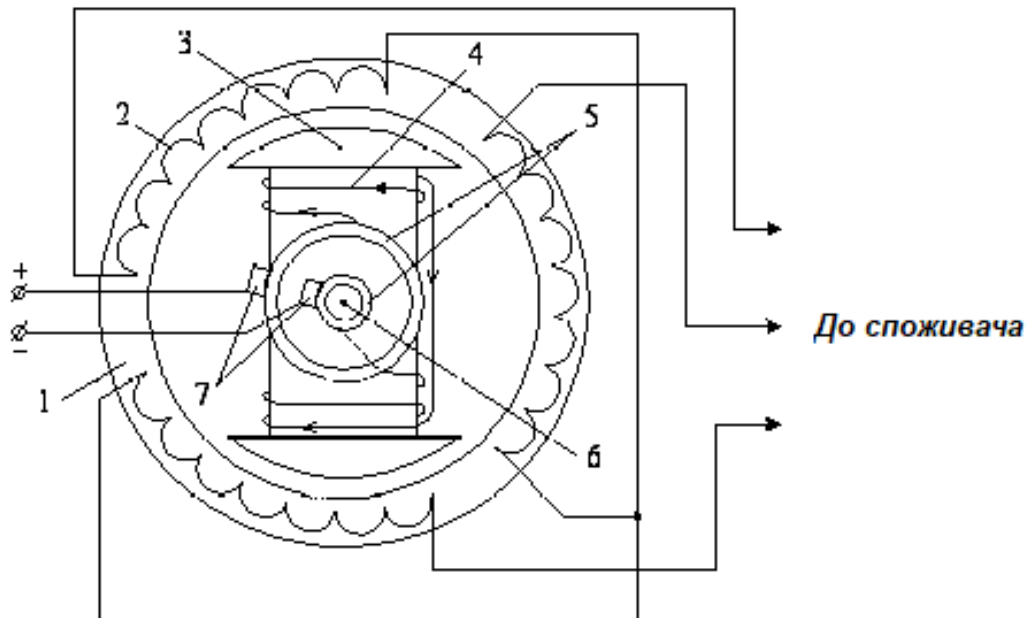


Рисунок 2.5 - Спрощена електромагнітна схема синхронного електромагнітного генератора збудження

Магнітопровід статора 1 виконаний зі штампованих пластин електротехнічної сталі (для зменшення втрат на вихрові струми), в пазах якого знаходиться статора обмотки. Трифазна обмотка складається з трьох однофазних обмоток 2, зміщених у просторі на 120 град. щодо одна одної. На полюсах ротора 3 (індуктора) розташовують котушку 4 обмотки збудження, кінці якої виводять до двох контактних кілець 5, розташованих на валу 6 та ізольованих один від одного і валу. Ротор генератора приводиться у обертання із частотою за допомогою пасової передачі від двигуна. За допомогою щіток 7, що ковзають при його обертанні по кільцях, до обмотки збудження підходить струм, який протікаючи по обмотці 4, створює магнітне поле - поле збудження. Поле, обертаючись разом з ротором, перетинає провідники обмотки статора і

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

наводить в них ЕРС однакової величини та частоти, але зміщені по фазі на  $120^{\circ}$ . Ця ЕРС прямо пропорційна швидкості зміни магнітного потоку, яка пропорційна частоті обертання якоря.

### 2.3.2 Розробка приводу генератора

Автомобільний генератор приводиться в рух пасовою передачею, яка дозволяє ротору обертатися зі швидкістю, що в два-три рази перевищує швидкість колінчастого валу. Залежно від конструкції генератора, для передачі використовуються клинові або поліклинові паси. Клинові паси більш універсальні. Вони використовуються, коли діаметр веденого шківів менший, і дозволяють досягти більш високих передавальних чисел. Сучасні моделі генераторів приводяться в рух клиновими пасами. Завдяки їх високій гнучкості, генератори можуть бути оснащені шківів невеликого діаметру. Генератор може приводитися в рух одним пасом, окремо або в поєднанні з насосом (помпою) охолоджуючої рідини. Натяг паса регулюється прогином корпусу генератора, коли генератор нерухомий, або натяжними роликів (у випадку поліклинових пасів).

Шківів використовуються для передачі механічної енергії від двигуна до валу генератора за допомогою паса.

В нашому випадку використовується окремий асинхронний електричний двигун як привод для генератора.

При виборі асинхронного двигуна для використання в якості приводу генератора на автомобільній стенді, слід звернути увагу на наступні фактори:

1. Потужність: Необхідно визначити потужність, потрібну для дослідження. Необхідно переглянути, щоб вибраний асинхронний двигун мав достатню потужність для ефективної роботи генератора.

2. Напруга і частота. Необхідно переконатися, що асинхронний двигун підтримує потрібну напругу і частоту відповідно до струму електричної мережі.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

3. Клас енергоефективності. Необхідно приділити увагу класу енергоефективності асинхронного двигуна. Вибір двигуна з вищим класом енергоефективності допоможе зменшити споживання енергії та знизити витрати електроенергії.

4. Робочі параметри. Необхідно врахувати робочі параметри асинхронного двигуна, такі як обертовий момент, швидкість обертання, весь струм та напругу, а також можливості регулювання швидкості. Необхідно переконатися, що обрана модель відповідає необхідним потребам.

5. Надійність та якість: Необхідно вибирати асинхронний двигун відомих виробників з високими технічними характеристиками.

Технічні характеристики асинхронного двигуна, що використовується для приводу автомобільного генератора (рис.2.4):

- тип двигуна ААА90L6У3 [23];
- потужність – 1.5кВт;
- частота мережі – 50Гц;
- номінальна напруга - 380 В;
- частота обертання - 940об/хв;
- струм - 4.1 А;
- коефіцієнт потужності - 0.74;
- коефіцієнт корисної дії 75.0%.



Рисунок 2.4 – Асинхронний електродвигун ААА90L6У3

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
37

### 2.3.3 Вибір частотного приводу асинхронного двигуна

Зміною частоти в частотному перетворювачі здійснюється регулювання швидкості обертання ротора асинхронного двигуна, який через пасову передачу з'єднаний з ротором генератора. Таким чином імітується швидкість обертання автомобільного двигуна (рис.2.5).

Для зміни частоти обертання асинхронного електродвигуна було вибрано частотний перетворювач Mitsubishi Electric FR-E740-040SC-EC [24].

Частотний перетворювач Mitsubishi Electric FR-E740-040-EC 1,5 кВт 380 В.

Частотний перетворювач Mitsubishi Electric FR-E740-040-EC призначений для плавного пуску та керування швидкістю обертання асинхронних електродвигунів. Перетворювачі цієї серії є поєднанням надійних технологій та інноваційних функцій, які забезпечують потужність, гнучкість та економічність роботи. Вони придатні до роботи з насосами, вентиляторами, конвеєрами, пресами, промисловими пральними машинами. Перетворювач оснащений послідовним інтерфейсом RS-485, також є підтримка протоколу Modbus RTU.

Розшифрування умовного позначення частотного перетворювача FR-E740-040-EC:

- FR-E740 - серія частотних перетворювачів;
- 040 - номінальний струм перетворювача, А (4 А).

Функції та властивості перетворювачів FR-E:

- можливість встановлення впритул;
- автоматичне налаштування параметрів та автоматичний перезапуск у разі зникнення напруги живлення;
- можливість підключення додаткових пультів із встановленням їх на відстані до 15 м від панелі, що управляє;
- легкість введення в експлуатацію та простота використання;

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		38

- довговічність – деталі конструкції перетворювачів розраховані на 10 років служби.

Клас захисту частотних перетворювачів – IP20.

Діапазон температури навколишнього середовища -10-50 °С.

Загальний вигляд перетворювача представлено на рис.2.5.



Рисунок 2.5 - частотний перетворювач Mitsubishi Electric  
FR-E740-040-EC

#### 2.4 Вибір вимірювальної апаратури

Вимірювальна апаратура в стенді для дослідження автомобільного генератора виконує важливу роль збору даних та аналізі його параметрів.

В стенді для вимірювання параметрів використовуються аналогові амперметри, вольтметри та стробоскоп.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 2.4.1 Амперметр

Амперметри - це вимірювальні прилади, що призначені для вимірювання сили струму в електричному ланцюзі. Вони використовуються для вимірювання змінного струму, що протікає в автомобільному генераторі (рис.2.6).



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд амперметра

### 2.4.2 Вольтметр

Вольтметр - це вимірювальний прилад, який використовується для вимірювання напруги в електричних ланцюгах. В контексті дослідження автомобільного генератора вольтметр може бути використаний для вимірювання напруги, яку генерує генератор (рис.2.7).



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд вольтметра

### 2.4.3 Стробоскоп

Стробоскоп - контрольно-вимірвальний прилад, що генерує швидко повторювані яскраві світлові імпульси. Імпульсне освітлення забезпечує візуальну "зупинку" об'єктів, що швидко обертаються. Застосовується для вимірювання швидкості обертання валу, шківів тощо.

В лабораторній установці по дослідженню автомобільного генератора стробоскоп використовується для визначення частоти обертання ротора (рис.2.8).

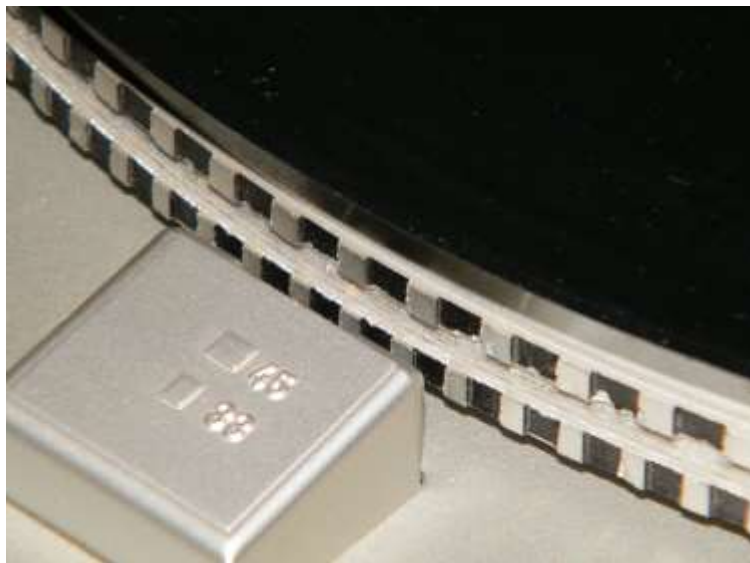


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд стробоскопа для визначення частоти обертання ротора

### 2.5 Вибір навантаження стенду для дослідження автомобільного генератора

Підбір навантаження для стенду автомобільного генератора є важливою задачею, що забезпечує правильне функціонування та його дослідження і має відповідати характеристикам генератора.

В якості навантаження в стенді використано лампи розжарювання та автомобільний інвертор.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41

### 2.5.1 Лампи розжарювання

Використання лампи розжарювання в якості навантаження для дослідження автомобільного генератора є досить поширеним. Лампи можуть відігравати роль електричного навантаження, що дозволяє аналізувати роботу генератора в різних умовах. Загальний вигляд навантаження у вигляді ламп розжарювання представлено на рис.2.9.



Рисунок 2.9 – Навантаження у вигляді ламп розжарювання

### 2.5.3 Інвертор автомобільний

Автомобільний інвертор напруги UKC 12V-220V Power Inverter, 2000W (рис.2.10) [25].

UKC 12V-220V Power Inverter - це пристрій для підключення і використання різних побутових приладів, електроінструментів, ноутбуків, телефонів, різної відео- і аудіотехніки та інших електроприладів в умовах відсутності мережевого живлення. Приклади включають автомобільні подорожі,

катання на човнах, гаражі, сільську місцевість та надзвичайні ситуації. Автомобільні акумулятори, вітряки та сонячні генератори можуть використовуватися як джерела напруги 12 В.



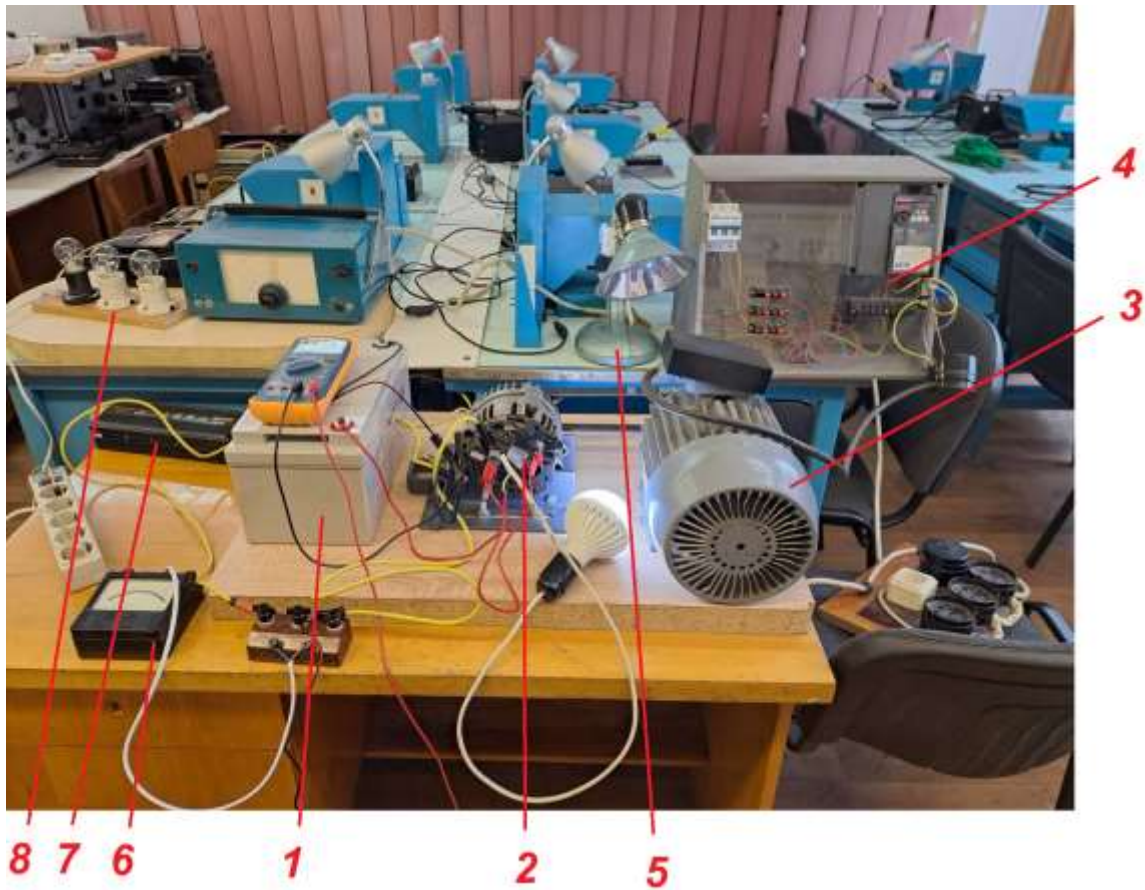
Рисунок 2.10 – Автомобільний інвертор

На передній панелі пристрою знаходиться дисплей режиму роботи, розетка для підключення електрообладнання, вимикач живлення і порт для підключення зарядного кабелю.

Інвертор безперервно охолоджується радіатором, встановленим на задній панелі пристрою. Там же розташовані клеми для підключення кабелю акумулятора і заземлення.

## 2.6 Монтаж елементів стенду та його загальний вигляд

З метою проведення експериментальних досліджень автомобільного генератора було зібрано стенд. Загальний вигляд лабораторного стенду приведено на рис.2.11 (аркуш [БРМА23.00.00.000ДІ]).



1 – акумулятор; 2 – генератор; 3 – асинхронний двигун; 4 – частотний перетворювач; 5 – стробоскоп; 6 – вимірювальний прилад; 7 – навантаження (інвертор); 8 – навантаження (лампи розжарювання)

Рисунок 2.11 - Загальний вигляд лабораторного стенду для дослідження автомобільного генератора

Навантаженням для генератора (або і акумулятора) служить опір навантаженням ламп розжарювання та інвертора  $R_{\text{и}}$ . Регулювання струму збудження генератора, який контролюється амперметром  $PA_3$ , здійснюється навантаженням  $R_{3б}$ .

Вимірювальні прилади, встановлені на стенді, призначені для контролю:

- $PV2$  - фазної напруги обмотки статора генератора;
- $H_z$  - частоти напруги генератора;
- $PA1$  - фазного струму обмотки статора генератора;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА23.00.00.000 ПЗ

Арк.  
44

- PA2, - вихідного струму випрямляча генератора;
- PA3 - вихідної напруги випрямляча генератора.

Для комутації електричного кола установки передбачені вимикачі S1, S2, S3, S4.

Зміною частоти в частотному перетворювачі ЧП здійснюється регулювання швидкості обертання ротора асинхронного двигуна, який через пасову передачу з'єднаний з ротором генератора. Таким чином імітується швидкість обертання автомобільного двигуна.

## 2.7 Висновки до другого розділу

В даному розділі здійснюється розробка стенду для дослідження автомобільного генератора. Проводиться розробка структурної та принципової електричної схем стенду. Здійснюється розробка самої лабораторної установки. З цією метою проводиться вибір вимірювальної апаратури та навантаження.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

### 3 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА

#### 3.1 Технічні та електричні характеристики, що характеризують автомобільний генератор

Основними технічними характеристиками автомобільного генераторів є напруга, частота обертання ротора та потужність або сила струму при заданій напрузі [26].

Як правило, автомобілі з бензиновим та дизельними двигунами використовують генератори з номінальною напругою 14 В. Електричні характеристики генераторів змінного струму характеризують їх якість і являють собою залежність будь-якого параметру від іншого, якщо решта незмінні.

Характеристика холостого ходу (рис.3.1) - це залежність електрорушійної сили генератора від струму збудження  $E = f(I_z)$  при  $n = const$ ,  $I_n = 0$ . За цією характеристикою визначається початкова частота обертання ротора генератора, при якій напруга генератора досягає розрахункового значення.

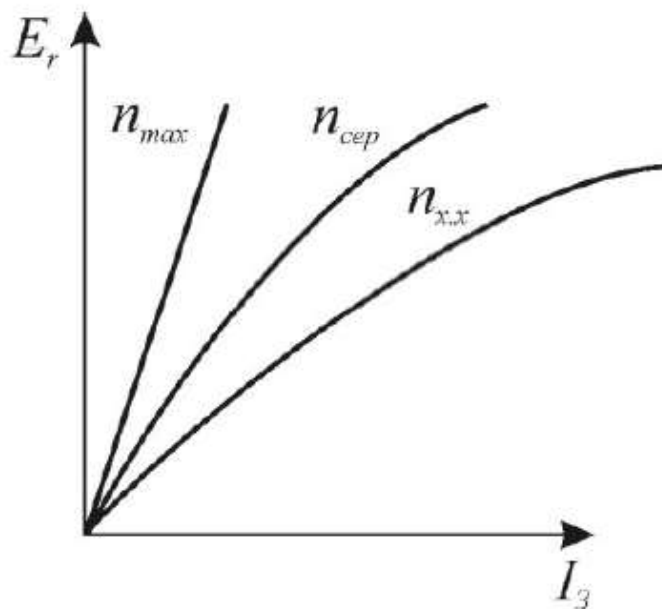


Рисунок 3.1 - Характеристика холостого ходу

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Швидкісна характеристика - це залежність електрорушійної сили генератора від частоти обертання його ротора (рис.3.2) [26].

Електрорушійна сила генератора змінюється пропорційно частоті обертання ротора та визначається за формулою:

$$E_G = c \cdot n \cdot \phi, \quad (3.1)$$

де  $c$  – конструктивна стала величина;

$n$  – частота обертання ротора.

Напруга генератора визначається із формули:

$$U_G = E_G - I_G Z_0, \quad (3.2)$$

де  $I_G$  - струм генератора;

$Z_0$  - повний опір генератора.

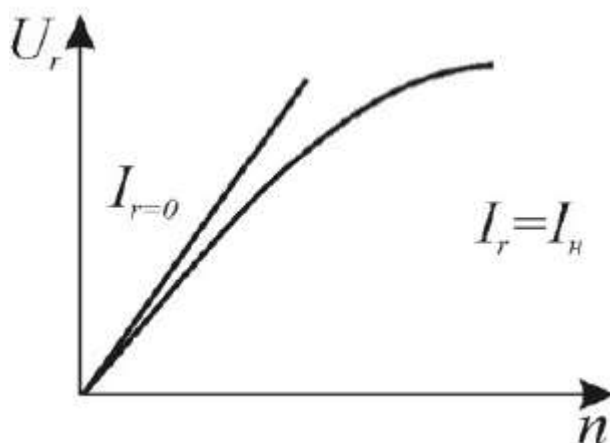


Рисунок 3.2 - Характеристика залежності електрорушійної сили генератора змінного струму від числа обертів

Швидкісна регульовальна характеристика генератора - це залежність струму збудження  $I_z$ , від частоти обертання ротора  $I_z=f(n)$  при  $U=const$  (рис.3.3).  
Поскільки автомобільним генераторам надається рух двигунами внутрішнього

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

згоряння, то частота обертання їхніх колінчастих валів змінюється в широкому діапазоні [26]. Швидкісна регульовальна характеристика показує яким чином необхідно змінювати струм збудження генератора, щоб напруга генератора залишалась незмінною при зміні частоти обертання ротора генератора.

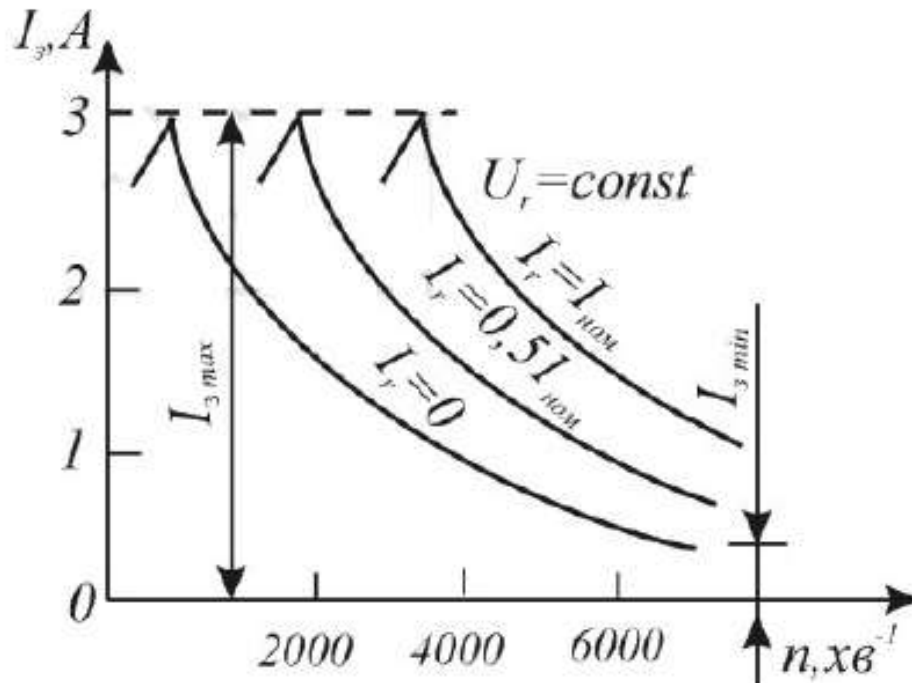


Рисунок 3.3 – Швидкісна регульовальна характеристика

Зовнішня характеристика (рис.3.4) - це залежність напруги генератора від струму навантаження  $U_2 = f(I_n)$  при постійній частоті обертання  $n=const$  і визначеному значенні струму збудження  $I$  [26].

Зниження напруги при збільшенні навантаження на генератор проходить через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток статора, розмагнічувальної дії реакції якоря, а також внаслідок спаду напруги в колі випрямлення:

$$U_{\Gamma} = E_{\Gamma} - I_{\Gamma} \cdot Z_0 - \Delta U_B, \quad (3.3)$$

де  $\Delta U_B$  - спад напруги на випрямлячу.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

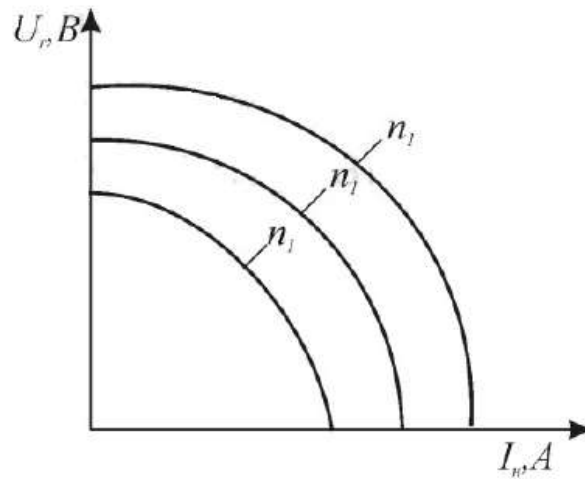
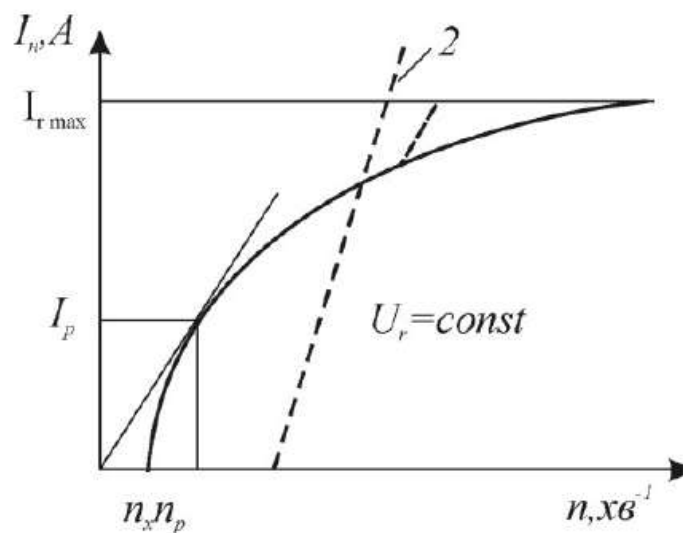


Рисунок 3.4 – Зовнішня характеристика генератора

Струмошвидкісна характеристика (рис.3.5) - це залежність струму навантаження генератора  $I_n$  від частоти обертання його якоря  $I_n=f(n_n)$  при  $U_2=const$  [26].

Генератором змінного струму властиві якості самообмеження максимальної сили струму навантаження, що запобігає нагріванню обмотки статора та діодів, а тому виключає потребу встановлення обмежувача струму.



1 – змінного струму; 2 – постійного струму

Рисунок 3.5 – Струмо швидкісна характеристика генераторів:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

При збільшенні сили струму навантаження збільшується магнітний потік статора, а внаслідок протидії магнітному потоку ротора (збудження), результуючий магнітний потік зменшується, що призводить до зниження електрорушійної сили, яка індукується. Крім того, збільшення частоти обертання ротора супроводжується підвищенням частоти струму в котушках обмотки статора, що сприяє, в свою чергу, збільшенню індуктивного опору обмотки ( $x_L = 2\pi fL$ ).

Струм генератора змінного струму [26]:

$$I_G = \frac{E_G}{Z_0}, \quad (3.4)$$

$$Z_0 = \sqrt{(R_G + R_n)^2 + x_L^2}, \quad (3.5)$$

де  $R_G$  - активний опір генератора;

$R_n$  - опір навантаження;

$x_L$  - індуктивний опір.

Відповідно:

$$x_L = 2\pi fL = 2\pi \frac{pn}{60} L = C_x n \quad (3.5)$$

де  $f$  - частота струму;

$p$  - кількість пар полюсів;

$L$  - індуктивність;

$n$  - частота обертання ротора.

Тоді:

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\Gamma} = \frac{E_{\Gamma}}{\sqrt{(R_{\Gamma} + R_{\text{H}})^2 + (C_x n)^2}} \quad (3.6)$$

За малої частоти обертання індуктивна складова опору  $C_x^2 n^2$  мала порівняно з активною складовою  $(R_{\Gamma} + R_{\text{H}})^2$  і нею можна знехтувати.

При цьому струм зростає пропорційно частоті обертання:

$$I_{\Gamma} = \frac{C_{\Gamma} \Phi n}{R_{\Gamma} + R_{\text{H}}} = C n. \quad (3.7)$$

Зі збільшенням частоти обертання індуктивна складова зростає і стає значно більшою, ніж активна складова, якою можна знехтувати.

При цьому струм генератора не залежить від частоти обертання [26]:

$$I_{\Gamma} = \frac{C_{\Gamma} \Phi n}{C_x} = const, \quad (3.8)$$

при  $\Phi = const$ .

Отже, зі збільшенням частоти обертання ротора обмежується максимальна сила струму генератора.

### 3.2 Розробка лабораторної роботи

З метою проведення експериментальних досліджень автомобільного генератора була розроблена лабораторна робота «Дослідження автомобільного генератора». Робота включає в себе наступні пункти: мету роботи; обладнання і матеріали; основні теоретичні відомості; опис лабораторної установки; порядок

виконання роботи; зміст звіту з лабораторної роботи; запитання для самоконтролю.

Метою роботи є: вивчення будови, принципу дії та дослідження електричних характеристик вентиляного автомобільного генератора, набуття навиків користування вимірювальними приладами.

Порядок виконання роботи [26].

1. Ознайомитись з лабораторним стендом для дослідження АГ, вимірювальною та комутаційною апаратурою стенду.

2. Запустити в роботу автомобільний генератор.

Розігнати приводний двигун до швидкості  $n_1=1000$  об/хв, яка контролюється частотоміром  $H_z$  (при  $n=1000$  об/хв, частота напруги генератора  $f_T=100$  Гц).

3. Дослідити характеристику холостого ходу генератора  $E_T=f(I_{3\phi})$  для чого: змінюючи реостатом  $R_{3\phi}$  струм в колі обмотки збудження (показом амперметра РА3) знімати (по показам вольтметра PV3) значення напруги  $U_{d_{xx}}=E_T$ .

Дані вимірювання струму  $I_{3\phi_{xx}}$  і напруги  $U_{d_{xx}}$  занести в таблицю 1 для  $n_{min}=1000$  об/хв,  $n_{сер}=2000$  об/хв,  $n_{max}=3000$  об/хв.

4. Зняти досліді зовнішньої характеристики генератора  $U_d=f(I_d)$  при  $n=var$  та при  $n=const$  і  $I_{3\phi}=const$  для чого:

а) встановити оберти генератора  $n_{min}=1000$  об/хв;

б) при вимкненому вимикачі  $S2$  і  $S4$  і ввімкненому вимикачі  $S3$  реостатом  $R_{3\phi}$  виставити струм  $I_{3\phi}$  при якому вихідна напруга генератора дорівнює 14В ( $U_{d_{xx}}=14В$ );

в) ввімкнути вимикач  $S2$  і змінюючи опір навантаження  $R_n$  змінювати струм навантаження генератора  $I_d$  в межах  $I_d=(5...15)$  А, вимірюючи при цьому одночасно відповідні значення напруги генератора  $U_d$ ;

г) дані вимірювання занести в таблицю 2;

д) дослід повторити при обертах  $n_{сер}=2000$  об/хв і  $n_{max}=3000$  об/хв.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

5. Дослідити швидко-регульовальну характеристику генератора  $I_{зб}=f(n)$  при  $U_d=const=14\text{ В}$ ,  $I_r = const$  і  $R_n = const$  для чого:

а) установити мінімальні оберти генератора  $n_{min}=100\text{ об/хв}$  і в режимі Х.Х. генератора виставити струм збудження  $I_{збхх}$ , який відповідає напрузі  $U_d=14\text{В}$ ;

б) змінюючи оберти генератора в межах  $n_{max}=(1000\dots4000)\text{ об/хв}$  встановити для кожного значення обертів  $n$  такі значення струмів збудження  $I_{зб}$ , при яких на різних обертах генератора напруга генератора залишається сталою  $U_d=14\text{В}=const$ ;

в) дані вимірювання занести в таблицю 3.

6. Дослідити регульовальну характеристику генератора  $I_{зб}=f(I_d)$  при  $U_d=14\text{В}=const$ ,  $n = const=2000\text{ об/хв}$  і  $R_n = var$  для чого:

а) встановити оберти генератора  $n=2000\text{ об/хв}$ ;

б) реостатом в колі збудження  $I_{зб}$  виставити струм збудження  $I_{збхх}$  якому в режимі Х.Х. відповідає напруга  $V_{dхх}=14\text{В}$ ;

в) змінюючи струм навантаження генератора  $I_d$  в межах  $(5\dots20)\text{А}$  відповідно змінювати струм збудження  $I_{зб}$  так, щоб напруга генератора залишалась незмінною  $U_d=14\text{В}=const$ ;

г) дані вимірювання  $I_{зб}=f(I_d)$  занести в таблицю 4.

7. Дослідити струмошвидкісну характеристику  $I_d=f(n)$  при  $U_d = const \approx 14\text{В}$  для чого:

а) увімкнути в роботу регулятор напруги генератора (регулятор вмикає викладач);

б) встановити напругу генератора  $U_d \approx 14\text{ В}$  в режимі Х.Х. при обертах  $n \approx 1000\text{ об/хв}$ ;

в) змінюючи опір навантаження  $R_n$  від  $R_{min}$  до  $R_{max}$  і одночасно збільшуючи оберти генератора від  $n_{min}=1000\text{ об/хв}$  до  $n_{max}=5000\text{ об/хв}$  дослідити режим генератора  $I_d=f(n)$  при  $U_r = const$ ,  $R_n=var$ ;

г) дані вимірювання  $I_d$  і  $n$  занести в таблицю 5.

8. Здійснити зміну режиму роботи АБ: «Режим зарядження < - > режим

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

розрядження».

Дана робота приведена в додатку Б.

### 3.3 Висновки до третього розділу

В даному розділі проводиться розробка методики дослідження автомобільного генератора. Розглядаються технічні та електричні характеристики, що характеризують автомобільний генератор. Розробляється лабораторна робота по дослідженню автомобільного генератора.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

## ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи. Наведено загальну інформацію про електричне обладнання автомобіля та автомобільні генератори. Здійснено огляд та аналіз обладнання для дослідження автомобільних генераторів. Наведено інформацію про виробників даних приладів.

В другому розділі здійснено розробку стенду для дослідження автомобільного генератора. Проведено розробку структурної та принципової електричної схем стенду. Здійснено розробку самої лабораторної установки. З цією метою проведено вибір вимірювальної апаратури та навантаження.

В третьому розділі здійснено розробку методики дослідження автомобільного генератора. Розглянуто технічні та електричні характеристики, що характеризують автомобільний генератор. Розроблено лабораторну роботу по дослідженню автомобільного генератора.

Метою лабораторної роботи є поглиблення і закріплення знань, отриманих студентами на лекційних заняттях і в процесі самостійної роботи над вивченням дисципліни «Електрообладнання транспортних засобів».

Розроблений лабораторний стенд буде мати практичне значення при підготовці фахівців зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Система підзарядки. Генератор, його будова і робота [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/fazkz>
2. Будова генератора. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.viniko.in.ua/Alnenator>
3. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. Навчальний посібник для ВНЗ (рек. МОН України) К. Каравела 2014. - 304 ст.
4. Пиндус Ю.І. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина I) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха - Тернопіль: ТНТУ, 2016. - 145 с.
5. Електрообладнання і електросистеми [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://surl.li/infkw>.
6. Електричне та електронне обладнання автомобілів: навчальний посібник (частина II) / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха - Тернопіль: ТНТУ, 2016. - 163 с.
7. Сажко В.А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: підручник. – К.: Каравела, 2008. – 400 с.
8. Кукурудзяк Ю.Ю., Кашканов В.А., Зелінський В.Й. Електронне та електричне обладнання автомобілів. Лабораторний практикум. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 110 с.
9. Бороденко Ю.М. Діагностика електрообладнання автомобілів / Б83 Ю.М. Бороденко, О.А. Дзюбенко, О.М. Биков: навчальний посібник. – Харків: ХНАДУ, 2014. –300с.
10. Чорноус В. М. Електрообладнання автомобілів : методичний комплекс / В. М. Чорноус, Б. І. Карпинець, Т. В. Пашуля, В. В. Циганчук. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2010. - 156 с.
11. Принцип роботи генератора автомобіля [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://autopark.pp.ua/6-princip-roboti-generatora-avtomoblya.html>.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

12. Автомобільний генератор змінного струму [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <http://surl.li/infzc>.

13. Перетворювач частоти [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://santeho.com.ua/ua/preobrazovatel-chastoty>.

14. Генератор в автомобілі [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://webshop-ua.intercars.eu/chitaite/News/henerator-v-avtomobili-shcho-treba-znaty-aby-ne-progavyty-nespravnist>

15. Генератори Bosch [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://www.svstarter.com.ua/generatory-bosch/>

16. Основи технічної діагностики автомобілів [Електронний ресурс].  
Режим доступу: [http://4ua.co.ua/transport/va2bc68b4d43b88421316d27\\_0.html](http://4ua.co.ua/transport/va2bc68b4d43b88421316d27_0.html).

17. Стенд для діагностики генераторів і стартерів - MS005 [Електронний  
ресурс]. Режим доступу: <https://servicems.com.ua/for-diagnostics-of-alternators-and-starters/ms005-stend-dlya-diaagnostiki-generatorov-i-starterov.html>

18. Стенд для перевірки генераторів ME-1 [Електронний ресурс]. Режим  
доступу: <https://altstar.ua/me1a/motorherz>.

19. Стенд для перевірки стартерів і генераторів DIGIBENCH BASIC Spin  
Італія [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ad-instrument.com.ua/ua/p1285013419-stend-dlya-proverki.html>

20. Стенд для перевірки стартера і генератора E250M-02 [Електронний  
ресурс]. Режим доступу: <https://dm-astana.kz/p54941813-stend-dlya-proverki.html>

21. Стенд для випробувань генераторів і стартерів 12-24 В Banchetto  
Inverter Spin [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ad-instrument.com.ua/ua/p300940983-stend-dlya-ispytaniy.html>

22. Генератор 045903023 [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://automotive.org.ua/product/11504679762/>

23. Трифазний асинхронний двигун АИР 90 [Електронний ресурс]. Режим  
доступу: <https://eltron.com.ua/tryfaznyy-asynhronnyy-dvygun-ayr-90-16-u2-im1081-1-5-kvt-1000-ob-hv>

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

24. Mitsubishi Electric FR-E740-040-EC [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ewi-engineering.com.ua/mitsubishi-electric-fr-e740-040sc-ec-15-kvt-380-v.html>

25. Автомобільні інвертори УКС [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://rozetka.com.ua/ua/avtomobilnie-invertori/c4639256/producer=ukc/>

26. Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи № 2 на тему: «Дослідження автомобільного генератора» /Є.З. Маланчук, - Рівне: НУВГП, 2013. - 31С.

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

ДОДАТОК А

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ДОДАТОК Б

					БРМА23.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		