

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

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

### Розробка стенду з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів

Назва теми

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Шифр, назва


Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Шифр, назва

Спеціалізація «Електропобутова техніка»

Шифр МРМА 22.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 2 курсу  
група ЕТм-21-1

  
Підпис

Аршинов О.В.  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

проф. Білий Л.А.  
Ініціали, прізвище


Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Пундик С. І.  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

проф. Поліщук О.С.  
Ініціали, прізвище

19 12 2022 р.

Хмельницький 2022

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерної механіки

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень магістер

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Спеціалізація Електропобутова техніка

Освітня програма \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС



\_\_\_\_\_ .2022р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Аршинов Олександр Віталійович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка стенду з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів

керівник роботи Білий Леонід Адамович, д.т.н., професор

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

Затверджено наказом ректора університету від 10.07 202\_\_ р. № 83

2. Строк подання студентом роботи на кафедру \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи ККД електродвигуна -  $\eta=0,64$ , напруга живлення – 220 В, потужність – 7 кВт

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

Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи. 2 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і стартера. 3 Розрахунки тягового електродвигуна.

Висновки. Перелік джерел посилань.

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

1. Випробувальні стенди (ДО, А1). 2. Стенд з перевірки, випробовування та діагностики стартерів генераторів (ДІ, А1). 3. Схеми перевірки електростартерів (Е5, А1). 4. Схеми перевірки реле-регуляторів напруги (Е5, А1). 5. Схеми перевірки генераторів (Е5, А1). 6. Алгоритм діагностики генератора на стенді (РР1, А2). 7. Алгоритм діагностики стартера на стенді (РР2, А2). 8. Електродвигун (В3, А1). 9. Робочі характеристики електродвигуна (РР3, А1)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1 Огляд та аналіз технічної літератури		
2 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і стартера		
3 Розрахунки тягового електродвигуна		
4 Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу		

Студент

  
Підпис

О. В. Аршинов  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Л.А. Білий  
Ініціали, прізвище

# АНОТАЦІЯ

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

1. Прізвище, ім'я та по батькові Аршинов Олександр Віталійович

2. Тема магістерської роботи Розробка стенду з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів

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

4. Об'єм магістерської роботи: креслень 8 арк., сторінок записки 92

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки: Вступ. 1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи. 2 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і стартера. 3 Розрахунки тягового електродвигуна. Висновки. Перелік джерел посилань.

Підпис студента 

"20" 12 2022 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 1 від "21" 12 2022р.

Оцінка проекту ЕК добре 4,5/5

Рекомендації ЕК у повноцінній формі

Особливі відмітки \_\_\_\_\_

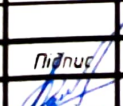
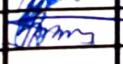
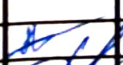

Технічний секретар 

"24" 12 2022 р.

# ЗМІСТ

стор.

Вступ.....	6
1 Огляд та аналіз технічної літератури з тематики магістерської роботи.....	8
1.1 Види обладнань по діагностиці і ремонту стартерів і генераторів, їх функціональні можливості.....	8
1.2 Конструктивні особливості стартерів і генераторів.....	21
1.3 Несправності стартерів і генераторів.....	41
Висновки до першого розділу .....	49
2 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і стартера .....	51
2.1 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і реле регулятора .....	51
2.2 Діагностика, технічне обслуговування і ремонт стартера легкового автомобіля .....	62
Висновки до другого розділу .....	68
3 Розрахунки тягового електродвигуна .....	69
3.1 Методи розрахунку електродвигуна .....	69
3.2 Розрахунки основних розмірів машини .....	69
3.3 Розрахунки схеми електродвигуна і характеристики холостого ходу .....	79
Висновки до третього розділу .....	88
Висновки .....	89
Перелік джерел посилань .....	90

<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>				
Змн	Арк	№ докум	Підпис	Дата
Розроб		Аршинов О В		
Перевір		Білий Л А		
Реценз				
Контр		Пундик С І		
Затверд		Полещук О С		
			Розробка стенду з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів	
		Лит	Арк	Аркушів
		4	4	92
<b>ХНУ зр. ЕТМ-21-1</b>				

## ВСТУП

Пуско-генераторна установка, як і на початку ХХ століття, складається із двох незалежних пристроїв - синхронного генератора і стартера на основі двигуна постійного струму. За настільки великий проміжок часу дані пристрої не перетерпіли значних змін. Поряд із цим, розвиток автомобільної промисловості демонструє швидкий ріст кількості енергоспоживачів у нових моделях автомобілів, що вимагає постійного підвищення потужностей їх генераторних установок. Отже, виникає необхідність розробки нових обладнань для випробувань, перевірки, діагностики генераторів і стартерів для швидкого виявлення неполадок у даних вузлах і їх ремонту. У цей момент існує величезна кількість різних видів діагностуючого обладнання призначених для контролю і ремонту знятого з автомобіля електроустаткування.

Використання автотранспорту постійно зростає. Чимале значення приділяється автомобільному транспорту в питаннях рейсових і маршрутних перевезень пасажирів. Частка транспортних витрат у перевезеннях пасажирів становить від 15 до 40 %.

Зменшення вартості транспортних операцій можна добитися декількома шляхами. Один з таких шляхів – удосконалювання технічної експлуатації автомобілів. Поліпшення технічної експлуатації автомобілів дозволяє знизити витрати на паливо і мастильні матеріали, на амортизаційні відрахування і безпосередньо на поточний ремонт (ПР) і технічне обслуговування (ТО).

Для розв'язку всіх цих питань, а також для підтримки автомобілів у справному стані велике значення має впровадження діагностування.

Експлуатація технічно несправного автомобіля нерентабельна (різко зростає можливість відмови, збільшуються експлуатаційні витрати), шкідлива (підсилюється забруднення навколишнього середовища) і

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

небезпечна для власника і інших членів суспільства (особливо, якщо ці несправності пов'язані із системами автомобіля, що впливають на безпеку руху). Несвоєчасне і неякісне проведення профілактичних робіт (ТО, діагностування) викликає підвищене зношування деталей, агрегатів і передчасний вихід їх з ладу.

На підприємствах, що впровадили технічне діагностування, удалося продовжити термін служби багатьох агрегатів автомобілів до ремонту без зниження їх експлуатаційних капітальних ремонт (КР), після проведення необхідних регулювань, виявлених при діагностуванні, продовжували надійно працювати.

Розробкою методів і засобів технічного діагностування в нашій країні займається ряд великих науково-дослідних і навчальних інститутів і лабораторій.

Існуюча система ТО і ремонту автомобілів містить у собі широке впровадження засобів технічного діагностування в технологічний процес ТО і ПР. Діагностування забезпечує значну економію засобів на утримання автомобілів за рахунок скорочення їх простою на час обслуговування і ремонту, виконання дійсно необхідних регулювальних і ремонтних операцій, скорочення витрати запасних частин і пально-мастильних матеріалів (ПММ).

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМАТИКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Види обладнань по діагностиці і ремонту стартерів і генераторів, їх функціональні можливості

На сьогоднішній час існує величезна кількість діагностуючого обладнання і стендів по перевірці і ремонту стартерів і генераторів. Усі вони призначені для виявлення неполадок у різних вузлах агрегатів і їх усуненню. У цілому все обладнання практично схожі, але відмінність полягає в габаритних розмірах, функціональних можливостях, комплектовці того або іншого стенда і у виробнику. Розглянемо частину обладнань які вже використовуються тепер.

### 1.1.1 Контрольно-випробувальний стенд Є-242

На рисункові 1.1 представлений контрольно-випробувальний стенд Є-242.



Рисунок 1.1 - Стенд Є-242

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Контрольно-випробний стенд Є-242 призначений для контролю і ремонту знятого з автомобіля електроустаткування: генераторів до 6,5 кВт у режимі холостого ходу і під навантаженням, стартерів до 11 кВт у режимі холостого ходу і повного гальмування, реле-регуляторів, тягових реле стартерів, реле-переривників, комутаційних реле, електроприводів агрегатів автомобіля, обмоток якорів, напівпровідникових приладів, резисторів. Він оснащений електроприводом для обертання генераторів, джерелом стартерного струму, навантажувальними пристроями, пристроями перевірки якорів і контролю ізоляції, засобами вимірів напруги, сили струму, електричного опору, крутного моменту, частоти обертання. Обладнаний затискачами для кріплення генераторів і стартерів, гальмовим пристроєм для здійснення режиму повного гальмування стартерів і виміру крутного моменту. Поставляється з повним комплектом приналежностей, необхідних для виконання перевірок [1].

Діапазони вимірів: напруга постійного струму 0 - 20, 12 - 160 - 40, 24 - 32 В; сила постійного струму 0 - 5, 0 - 500 - 150, 0 - 500, 0 - 1500 А; електричний опір постійному струму 1 - 100, 10 - 1000, 100 - 10000, 1000 - 100000 Ом; крутний момент на валу стартера 0 - 2,5/0 - 10 кгсм; частота обертання ротора генератора/стартера 0 - 10000 об/хв. Регулювання струму навантаження генераторів: плавна реостат, ступенева 30, 60, 90, 120А. Потужність привода генераторів 4 кВт[2].

Джерело стартерного струму: номінальна напруга 12/24 В, максимальний струм 1150 А, короткочасна потужність (перевірка стартера 10 сек) 16 кВт. Напруга живлення 380 В, маса 400 кг, габарити 1000x800x1530 мм.

#### 1.1.2 Контрольно-випробувальний стенд Є-250-00

На рисункові 1.2 представлений контрольно-випробувальний стенд Є-250-00[МРМА 22.00.00.000 ДО].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9



Рисунок 1.2 – Контрольно-випробувальний стенд Є-250-00

Удосконалена модель широко відомого стенда Є-242. Контрольно-випробувальний стенд для контролю і регулювання знятого з автомобіля електроустаткування: генераторів, стартерів, реле-регуляторів, тягових реле стартерів, реле-переривників, комутаційних реле, електроприводів агрегатів автомобіля, обмоток якорів, напівпровідникових приладів, резисторів. Відсутнє мережеве джерело живлення (МДЖ) для перевірки стартерів. Джерелом живлення при перевірці стартера служать 2 акумуляторні батареї по 190А/год або пуско-зарядний пристрій. Стенд призначений для діагностики знятого з автомобіля електроустаткування в умовах автотранспортних підприємств, авторемонтних заводів, фірм і майстерень, станцій технічного обслуговування автомобілів, для профільних учбово-освітніх закладів[3].

Принцип роботи стенда полягає в імітації робочих режимів і вимірі вихідних характеристик знятого з автомобілів електроустаткування з метою перевірки його працездатності і визначення технічного стану і пошуку несправностей.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У стенді реалізована революційна методика перевірки генераторів. Її режим максимально наближений до експлуатаційного: плавно змінюється частота обертання і струм навантаження.

Перелік контрольованих параметрів:

Генератори: частота обертання ротора генератора у всім робочому діапазоні; частота обертання привода генераторів; струм навантаження генератора; напруга при цих перевірках; струм, споживаний генераторами постійного струму в режимі двигуна; симетрія фаз генераторів змінного струму.

Регулятори напруги: напруга включення реле зворотного струму; рівень напруги, підтримуваний регулятором; струм обмеження; зворотний струм; змінна напруга спрацьовування реле блокування стартера; струм спрацьовування реле захисту; напруга неузгодженості двоелементних регуляторів напруги[2].

Стартери: частота обертання якоря на холостому ходу; струм, споживаний стартером на холостому ходу; струм, споживаний стартером у режимі повного гальмування; момент, що розвивається в режимі повного гальмування; момент включення головних контактів по зазору між шестірнею і упорною шайбою; стан головних контактів по спаданню напруги на них при протіканні певної величини струму.

Комутаційні реле: напруга і струм спрацьовування; напруга і струм відпускання; контроль ізоляції на пробій.

Інші елементи електроустаткування: контроль ізоляції на пробій; вимір опорів резисторів від 1 Ом до 100 кОм; перевірка якорів генераторів і стартерів.

### 1.1.3 Стенд діагностичний СКІФ-1-02

На рисунку 1.3 представлений стенд діагностичний СКІФ-1-02.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1.3 - Стенд діагностичний СКІФ-1-02

Призначений для діагностики технічного стану електроустаткування. Здійснює: перевірку тех. характеристик генераторів постійного і змінного (з випрямлячем) струму напругою 12, 24В потужністю до 4кВт у режимі холостого ходу і під навантаженням до 2,2 кВт; перевірку параметрів і регулювання реле-регуляторів до генераторів; перевірку параметрів стартерів з номін. напругою 12, 24В потужністю до 9кВт у режимі холостого ходу; перевірку на працездатність комутаційних реле і реле-регуляторів; перевірку параметрів електродвигунів допоміжних механізмів; перевірку справності напівпровідникових приладів; перевірку опорів; зарядку кислотних АКБ напругою 12В, до 210 Агод; тестування АКБ під навантаженням; тип конструкції – настільний; живлення - від трифазної мережі змінного струму напругою 380 В частоти 50 Гц; споживана потужність - 4,2 кВт, максим. зарядний струм – 20А; регулювання зарядного струму – плавна; захист від переполюсування АКБ і короткого замикання зарядних проводів; режими роботи зарядного пристрою – автоматичний, ручний; маса – 50 кг, габаритні розміри – 565x750x525 мм[4].

#### 1.1.4 Стенд для діагностики генераторів і стартерів MD1

На рисунку 1.4 представлений стенд для діагностики генераторів і стартерів MD1[МРМА 22.00.00.000 ДО].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.4 - Стенд MD1

Стенд MD1 призначений для перевірки без безпосередньої установки на автомобіль працездатності стартерів і генераторів легкових і вантажних автомобілів 12 і 24В і виміру їх електричних параметрів. Живлення стенда від мережі змінного струму 380V, повністю електронне керування двигуном (вир-ва MITSUBISHI) із плавним пуском і зупинкою двигуна, плавне регулювання обертів 0-6000 у прямому і реверсному режимах, авто-режим 3000 обертів. Максимальний струм навантаження при перевірці генераторів - до 200А, забезпечуваний вмиканням 6 незалежних активних навантажувальних режимів. Перевірка не тільки силових, але й інформаційних виходів сучасних генераторів: P-D, Active L, FR-SIG, DFM. Зручний, надійний і швидкий натяжний механізм для поліклінових і ручейкових ременів генераторів (час установки агрегату 20-30сек). Перевірка стартерів з номінальною напругою 12В і 24В потужністю до 9,2 кВт у режимі холостого ходу. Пусковий струм забезпечується за допомогою 2х стандартних автомобільних акумуляторів 12V. Наочна цифрова індикація

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

вимірюваних (струм, напруга), заданих (кількість обертів двигуна) параметрів випробувань. Передбачена можливість установки USB модуля (у версії PRO Print) для підключення до комп'ютера і принтеру. При підключенні до комп'ютера на останній встановлюється спеціальне програмне забезпечення (поставляється в комплекті) для відображення у вигляді графіків залежностей напруги від струму, обертів (задаються користувачем) на будь-якому тимчасовому проміжку, що безумовно буде особливо важливо для визначення «плаваючих» несправностей. Габаритні розміри стенда 900x1520x800мм. Вага 150кг[5].

#### 1.1.5 Випробовувальні стенди МОТОPLAT

На рисунку 1.5 представлений випробовувальний стенд МОТОPLAT [МРМА 22.00.00.000 ДО].

Моделі С21GE (аналоговий) і CV21BP (цифровий) являють собою комбінацію випробовувальних стендів для стартерів і генераторів на 6, 12 і 24 В. Приводний двигун управляється пристроєм програмувальної електроавтоматики і має потужність 7,5 кВт. Тому є можливість тестування генераторів до відповідної потужності 200 і 240 амперів при 24 В. Для тестування максимальної вихідної потужності С21GE має захист до потужності 480 Вт. Керування рухом двигуна відбувається за допомогою двох постійних позицій обертів (1500 і 3000 обертів у хвилину) або за допомогою змінного регулятора[6].

Частина стенда для стартерів дозволяє тестувати стартери до потужності 15 к. с. У комбінації з гідравлічною гальмовою системою, вимірником гальмового тиску і компенсаційним перемикачем кількості зубців є можливість тестування початкової потужності.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рисунок 1.5 - Стенд МОТОПЛАТ

Пристрої, що одночасно поставляються, дозволяють вам змонтувати практично всі види стартерів і генераторів на випробувальному стенді. Випробувальний стенд живиться від трифазної мережі 380 В, але також може бути перероблено на живлення 220 В.

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.1.6 Випробовувальний стенд Junior test bench

На рисунку 1.6 представлений випробовувальний стенд Junior test bench [МРМА 22.00.00.000 ДО].



Рисунок 1.6- Стенд Junior test bench

Junior test bench - малий випробовувальний стенд, настільний варіант, що дозволяє проводити прискорені випробування генераторів і стартерів 12-24 В. Призначений для механічних, електротехнічних, автомобільних майстерень.

Він проводить випробування генератора 12-24 В з зарядним реостатом і з попереджувальною світловою сигналізацією. Також проводить випробування стартера в режимі холостого ходу з керуванням вхідним реле стартера і полем індуктора.

Технічні характеристики: три фази, двигун 2 к.с. зі східчастим шківом з V-образними канавками і Кскv-образними полюсами; зарядний реостат 200 Вт (12 В); амперметр із нулем у середині шкали 50-0-50 А; амперметр для випробування стартера 0-1000 А; джерело живлення 380 В; однофазне джерело живлення 220 В з інвертором і з безступінчастим регулюванням швидкості; живлення від акумулятора 12-24 В; розміри: 75x75x80; маса 50 кг / 55 кг[7].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

### 1.1.7 Стенд перевірки генераторів і стартерів AST-55

На рисунку 1.7 представлений стенд перевірки генераторів і стартерів AST-55.



Рисунок 1.7 стенд перевірки генераторів і стартерів AST-55

При розробці стенда основне завдання полягало в здійсненні більш компактних розмірів, швидкості діагностики агрегату (установка, зняття) і зручність у керуванні. Агрегат установлюється на підставку або без неї, залежить від конструктиву агрегату закріплюється фіксує ланцюгом. Першим натисканням на важіль затискається ланцюг, а другим натисканням проводиться натяжка відповідного ременя. Ця процедура займає 10-15 секунд вашого часу. Крім індикаторів напруги і постійного струму, присутніх на всіх подібних стендах, є індикатор складової змінного струму. Наприклад: завищене показання при перевірці генератора вказує на наявність проблем у діодному мосту, а в стартера – на щітки або відсутність належного контакту між ламелями колектора і обмоткою якоря. По індикатору потужності

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

визначається максимальний вихідний струм генератора, а для стартера- наявність проблем з обмоткою статора або втулками якоря. Ці й інші комбінації показань індикаторів можуть указувати на шлях вирішення проблем на стадії початкової діагностики[8].

Таблиця 1.1. Технічні характеристики стенда перевірки генераторів і стартерів AST-55

Напруга живлення 3 фази або 1 фаза	380V 220V
Напруга агрегатів, що перевіряються	12V 24 V
Потужність приводу	5,5 kw
Оберти приводу	0-3000 RPM
Установка обертів	плавна
Навантаження	0-200 A
Макс. вимірюваний струм	500 A
Установка навантаження	плавна
Тип передачі із приводу	пасовий
Тип ременів	клиновий поліклиновий
Контрольовані параметри	напруга струм постійний струм змінний оберти приводу
Габарити без монітора	800 x 900 x 470 мм
Вага без акумуляторів	105 кг

### 1.1.8 Контрольно-випробувальний стенд Є-250-02.

На рисунку 1.8 представлений контрольно-випробувальний стенд Є-250-02.



Рисунок 1.8- Стенд Є-250-02

Стенд Є-250-02 для контролю і ремонту знятого з автомобіля електроустаткування, удосконалена модифікація широко відомого стенда Є-242, оснащений цифровою індикацією режимів роботи. Контрольно-випробувальний стенд для контролю і регулювання знятого з автомобіля електроустаткування: генераторів, стартерів, реле-регуляторів, тягових реле стартерів, реле-переривників, комутаційних реле; електроприводів агрегатів автомобіля; обмоток якорів; напівпровідникових приладів, резисторів. Принцип роботи стенда полягає в імітації робочих режимів і вимірі вихідних характеристик знятого з автомобілів електроустаткування з метою перевірки його працездатності і визначення технічного стану та пошуку несправностей[9].

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики контрольно-випробувального стенд Є-250-02

- напруга постійного і змінного струму, В	0-2, 0-20, 0-40
- сила постійного струму, А	0-5, 0-150, 0-500, 0-1000
- електричний опір постійному струму, Ом	0-100, 0-100000
- крутний момент, Нм	0-100
- частота обертання ротора генератора, стартера, об/хв	0-10000
Максимальна потужність споживана з мережі при перевірці стартерів, кВт	20
Час установлення робочого режиму, хв	15
Час безперервної роботи, год	8
Середній наробіток на відмову, год	1000
Джерело стартерного струму:	
- номінальна напруга, В	12/24
Напруга живлення, В	380
Габаритні розміри, мм	1200x850x1600
Маса, кг	400

Вбудоване плавно-ступневе електронне навантаження дозволяє перевірити всі відомі марки генераторів у всьому діапазоні струмошвидкісної характеристики від 0 до 160 А. Навантаженням генераторів може бути акумуляторна батарея, яка буде заряджатися від генератора, що приводиться від стенда. Два приводних шківів забезпечують перевірку генераторів із клиновим і з поліклиновим (плоскопасовим) приводом. Вбудоване джерело регульованої напруги забезпечує перевірку різних реле. Опційно оснащується пристроєм перевірки якорів стартерів і двигунів. Поставляється з повним комплектом приналежностей, необхідних для виконання перевірок.

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Режими перевірок максимально наближені до умов експлуатації. У стенді реалізована методика перевірки генераторів, її режим максимально наближений до експлуатаційного: плавно змінюється частота обертання і струм навантаження. У середині кожної групи можна методом опціональної доробки одержати будь-яке виконання. Виконання стенда діляться на дві групи: універсальні (12В/24В) і легкові (12В), залежно від приналежності електроустаткування, що перевіряється, до автомобілів з різною бортовою напругою. У кожній групі є генераторне виконання, що виключає перевірку стартерів, що не заважає його опціональній доробці у випадку зміни споживача. У якості джерела стартерного живлення застосовується мережне джерело живлення або акумуляторні батареї. В акумуляторному варіанті у випадку “підсаженого” акумулятора можна використовувати сторонній пуско-зарядний пристрій[10].

## 1.2 Конструктивні особливості стартерів і генераторів

Стартер – основний агрегат пускової системи двигуна, що розкручує його вал до частоти обертання, необхідної для запуску двигуна. Основні вузли стартера - двигун, редуктор, пристрої зчеплення і розчіплювання з валом основного двигуна, пусковий пристрій (для стартерів, які не можуть запускатися самостійно, наприклад бензинових, турбокомпресорних).

Генератор — пристрій, що забезпечує перетворення механічної енергії обертання колінчатого вала двигуна автомобіля в електричну. Автомобільний генератор використовується для зарядки акумуляторної батареї автомобіля, а також для живлення штатних електроспоживачів таких як бортовий комп'ютер, габаритні вогні й інші. До автомобільних генераторів висувають високі вимоги по надійності, тому що генератор забезпечує безперебійну роботу більшості компонентів сучасного автомобіля[11].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

### 1.2.1 Конструктивні особливості генераторів

Вітчизняні і закордонні генератори в принципі мають ідентичну конструкцію, в основу якої покладена ключовподібна полюсна система ротора. Така система дозволяє створити багатополісну систему за допомогою однієї котушки збудження.

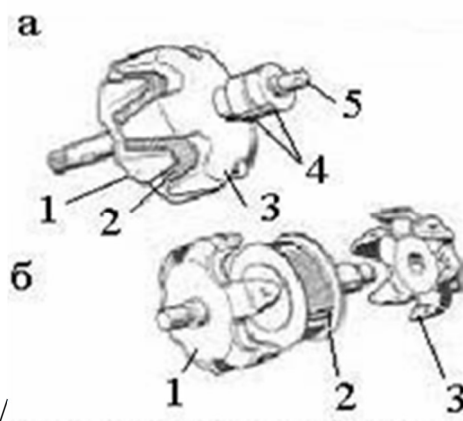


Рисунок 1.9 - Ключовподібна полюсна система ротора

По організації системи охолодження генератори можна розділити на два типи - традиційної конструкції, з вентилятором на приводному шківі і компактної конструкції, із двома вентиляторами в торцевих поверхнях полюсних половин ротора. У першому випадку охолоджувальне повітря засмоктується вентилятором через вентиляційні вікна в кришці з боку контактних кілець, у другому - через вентиляційні вікна обох кришок. Компактну конструкцію відрізняють наявністю вентиляційних отворів на циліндричних частинах кришок і посилене оребрення. Малий діаметр внутрішніх вентиляторів дозволяє збільшити частоту обертання ротора генераторів компактної конструкції, тому ряд фірм називає їх високошвидкісними. Останні роки як в Україні, так і за кордоном нові розробки генераторів мають звичайно компактну конструкцію. Для автомобілів з високою температурою повітря в моторному відсіку або

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

працюючих в умовах підвищеної запиленості, застосовують конструкцію із надходженням забортного повітря через кожух з патрубком і повітропровід[12].

По загальному компоунуванню генератори розділяються на конструкції, у яких щітковий вузол розміщений у внутрішній порожнині генератора, і конструкції з розміщенням його зовні під спеціальним пластмасовим кожухом. В останньому випадку контактні кільця ротора мають малий діаметр, тому що при складанні генератора вони повинні пройти через внутрішній діаметр підшипника задньої кришки. Зменшення діаметра кілець сприяє підвищенню ресурсу роботи щіток.

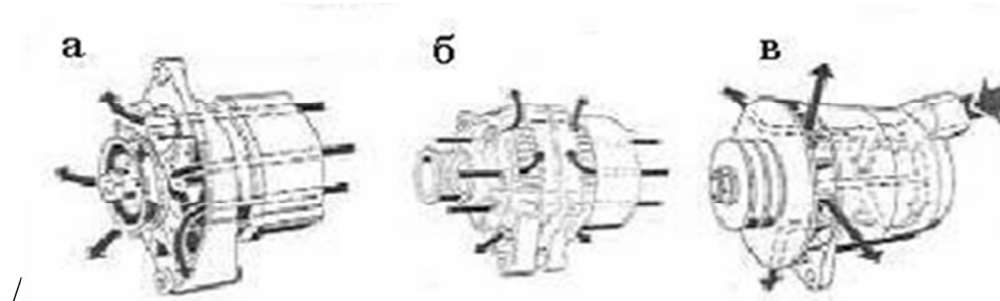


Рисунок 1.10 Схема руху охолоджувального повітря в генераторах

Вітчизняні генератори традиційної конструкції в основному виконуються або з конструктивною спадковістю генераторів автомобілів ЗАЗ, або тривалий час багатьох марок, що застосовувалися на автомобілях, генераторів Г250. Статор генератора встановлюється між кришками, причому їх посадкові місця контактують із зовнішньою поверхнею пакета статора. Чим глибше статор утоплений у кришці, тим менше ймовірність, появи перекосу підшипників, встановлених у кришках. Деякі закордонні фірми випускають генератори, у яких статор повністю втоплений у передню кришку. Існують конструкції, у яких середні листи пакета виступають над іншими і вони є посадковим місцем для кришки[11].

Електричні схеми автомобільних генераторних установок.

Розрізняють два типи незв'язаних регуляторів напруги - в одному типі (рис. 1.11) вихідний комутуючий елемент регулятора напруги з'єднує вивід обмотки збудження генератора з «+» бортової мережі, в іншому типі (рис. 1.12, 1.13) - з «-» бортової мережі. Транзисторні регулятори напруги другого типу є більш розповсюдженими.

Щоб на стоянці акумуляторна батарея не розряджалася, ланцюг обмотки збудження генератора (у схемах 1.11, 1.12) заживлюється через вимикач запалювання. Однак при цьому контакти вимикача комутують струм до 5А, що несприятливо позначається на їхньому терміні служби. Розвантажити контакти вимикача можна, використовуючи проміжне реле, але більш прогресивно, якщо через вимикач запалювання заживлюється лише ланцюг управління регулятора напруги (рис. 1.13), що споживає струм силою в доли ампера[13].

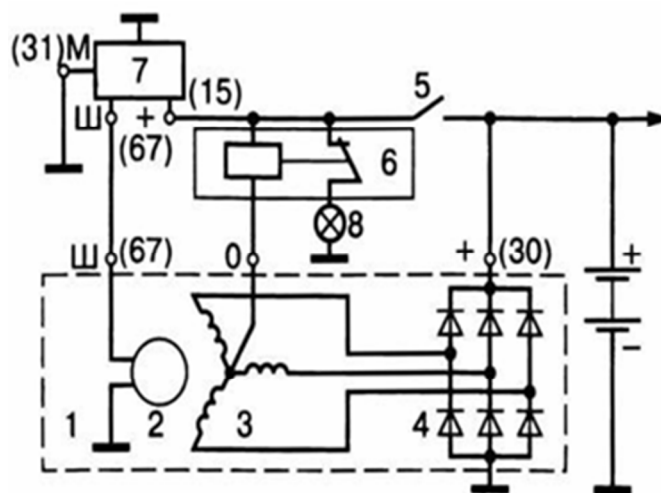


Рисунок 1.11 Схема з'єднання генератора

Переривання струму в схемі керування переводить електронне реле регулятора у виключений стан, що не дозволяє струму протікати через обмотку збудження. Однак застосування вимикача запалювання в схемі генераторної установки знижує її надійність і ускладнює монтаж на автомобілі. Крім того, у схемах спадання напруги у вимикачі запалювання і інших комутуючих або захисних елементах, включених у схему регулятора

(штекерне з'єднання, запобіжники), впливає на рівень підтримуваного регулятором напруги і частоту перемикання його вихідного транзистора, що може супроводжуватися миготінням ламп освітлювальної і світлосигнальної апаратури, коливанням стрілок вольтметра і амперметра[14].

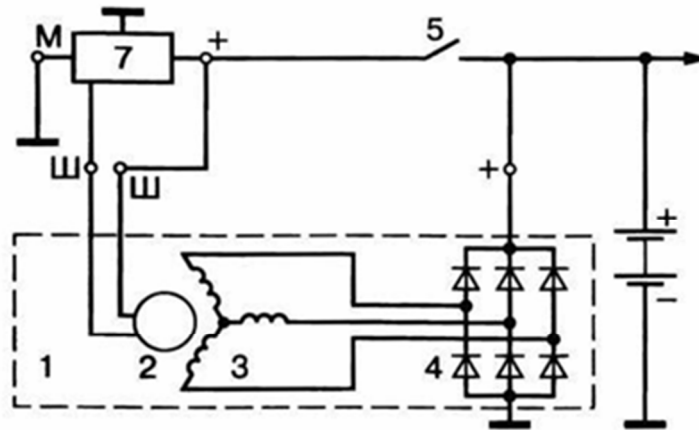


Рисунок 1.12 - Схема з'єднання генератора

Тому більш перспективної є схема на рис. 1.13. У цій схемі обмотка збудження має свій додатковий випрямляч, що полягає із трьох діодів. До виводу 4 цього випрямляча і приєднує обмотка збудження генератора. Схема допускає деякий розряд акумуляторної батареї малими струмами по схемі регулятора напруги, і при тривалій стоянці рекомендується знімати наконечник проводу із клеми «+» акумуляторної батареї[13].

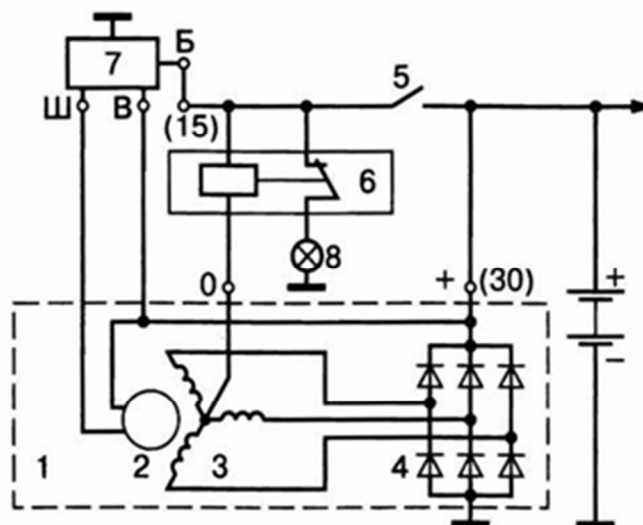


Рисунок 1.13 Схема з'єднання генератора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

У схему на рис. 1.13 введено підбудження генератора від акумуляторної батареї через контрольну лампу 8. Невеликий струм, що надходить в обмотку збудження через цю лампу від акумуляторної батареї, достатній для збудження генератора і у той же час не може суттєво впливати на розряд акумуляторної батареї. Звичайно паралельно контрольній лампі включають резистор 13, щоб навіть у випадку перегорання контрольної лампи генератор міг збуджуватися[15].

Контрольна лампа в схемі на рис. 1.13 є одночасно і елементом контролю працездатності генераторної установки. У схемі застосований стабілітрон 12, що гасить сплески напруги, небезпечні для електронної апаратури.

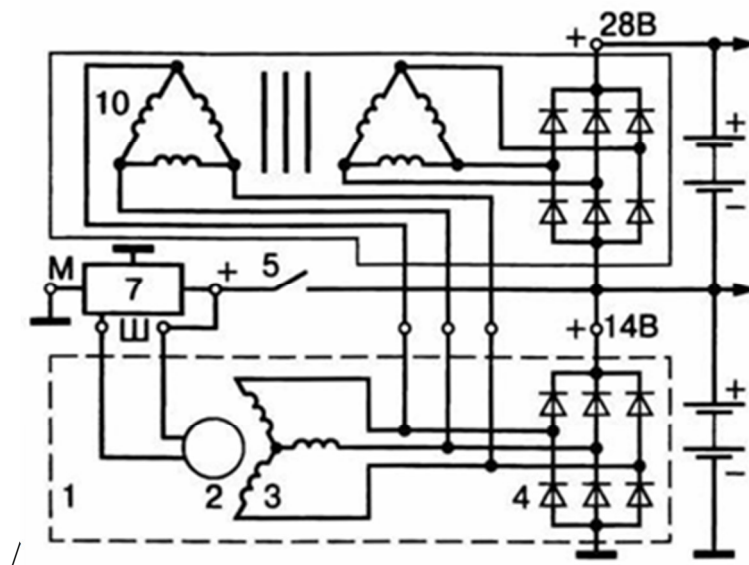


Рисунок 1.14 Схема з'єднання генератора

З метою контролю працездатності в схемі рис. 1.15 введені реле з нормально замкненими контактами, через які одержує живлення контрольна лампа 8. Ця лампа загоряється після включення замка запалювання і гасне після пуску двигуна, тому що під дією напруги від генератора реле, обмотка якого підключена до нульової точки обмотки статора, розриває свої нормально замкнені контакти і відключає контрольну лампу 8 від схеми живлення[16].

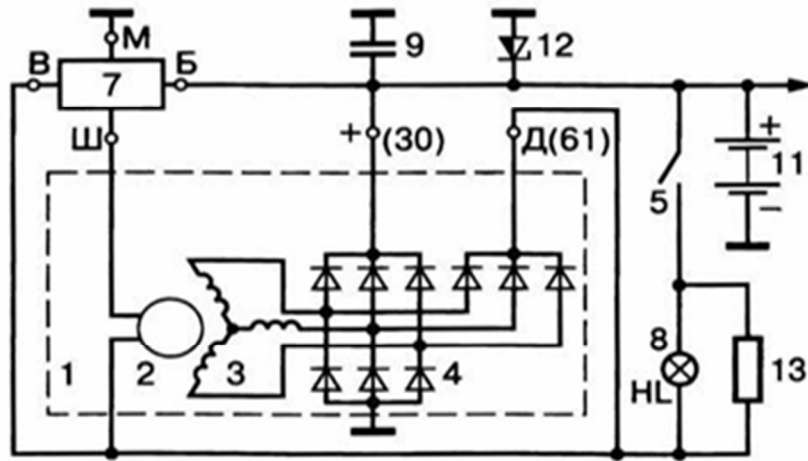


Рисунок 1.15 Схема з'єднання генератора

Якщо лампа 8 при працюючому двигуні горить, виходить, генераторна установка несправна. У деяких випадках обмотка реле контрольної лампи 6 підключається на вивід фази генератора.

Схема рис. 1.16 характерна для генераторних установок з номінальною напругою 28 В. У цій схемі обмотка збудження включена на нульову точку обмотки статора генератора, тобто живиться напругою, удвічі меншою, чим напруга генератора. При цьому приблизно вдвічі знижуються і величини імпульсів напруги, що виникають при роботі генераторної установки, які сприятливо позначається на надійності роботи напівпровідникових елементів регулятора напруги[11].

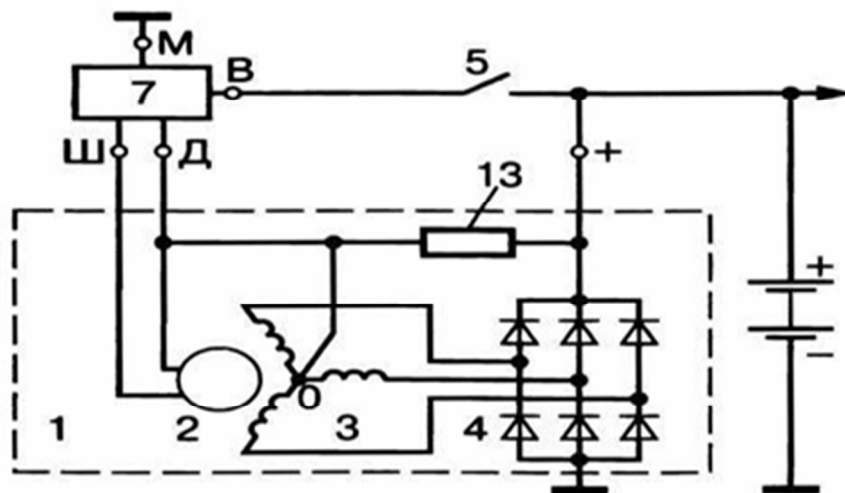


Рисунок 1.16 Схема з'єднання генератора

Резистор 13 служить тим же цілям, що й контрольна лампа в схемі рис. 5, тобто забезпечує певен збудження генератора.

На автомобілях з дизельними двигунами може застосовуватися генераторна установка на два рівні напруги 14/28 В. Другий рівень 28 В використовується для зарядки акумуляторної батареї, що працює при пуску ДВЗ. Для одержання другого рівня використовується електронний множник напруги або трансформаторно-випрямний блок (ТВБ), як це показано на рис. 1.14[13].

У системі на два рівні напруги регулятор стабілізує тільки перший рівень напруги 14 В. Другий рівень виникає за допомогою трансформації і наступного випрямлення ТВБ змінного струму генератора. Коефіцієнт трансформації трансформатора ТВБ близький до одиниці.

У деяких генераторних установках закордонного і вітчизняного виробництва регулятор напруги підтримує напругу не на силовому виводі генератора «+», а на виводі його додаткового випрямляча, як показано на схемі рис. 1.17[14].

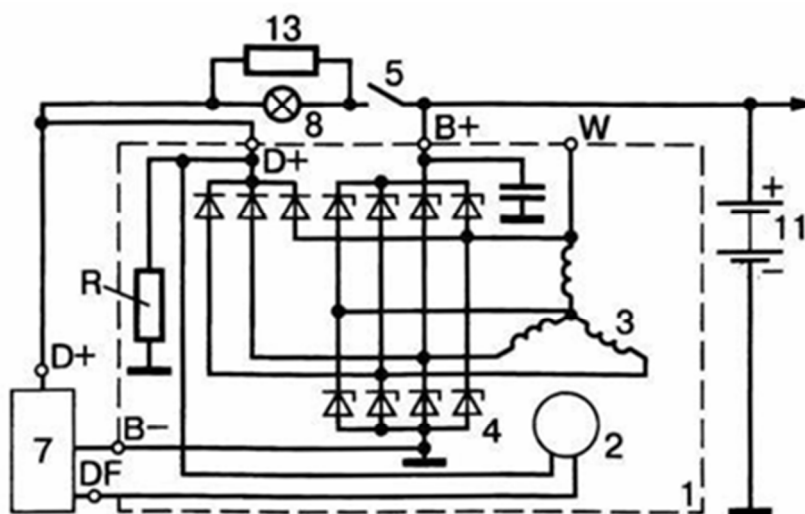


Рисунок 1.17 Схема з'єднання генератора

Схема є модифікацією схеми рис. 1.15, з усуненням її недоліку - розряду акумуляторної батареї регулятора напруги при тривалій стоянці.

Таке виконання схеми генераторної установки можливо тому, що різниця напруги на клеммах «+» і «4» невелика. На цій же схемі (рис. 1.17) показано додаткове плече випрямляча, виконане на стабілітронах, які в нормальному режимі працюють як звичайні випрямні діоди, а в аварійних - запобігають небезпечним сплескам напруги.

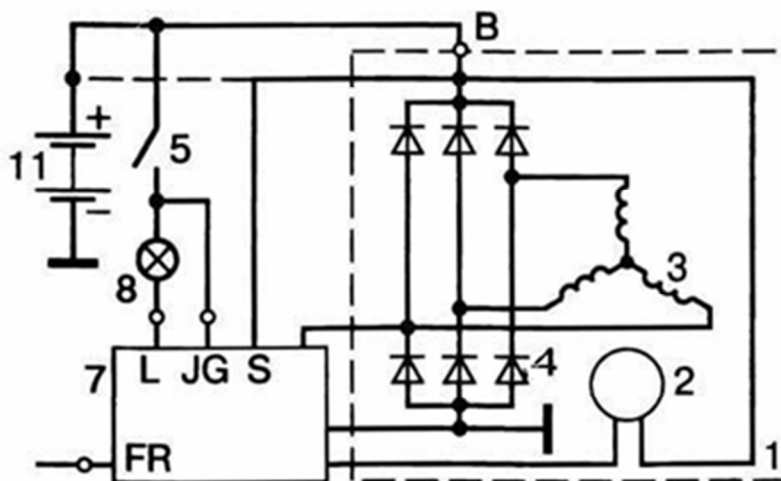


Рисунок 1.18 Схема з'єднання генератора

Резистор R, як було показано вище, розширює діагностичні можливості схеми. Цей резистор взагалі характерний для генераторних установок фірми Bosch. Генераторні установки без додаткового випрямляча, але з підведенням до регулятора виводу фаз, застосування яких, особливо японськими і американськими фірмами, розширюється, виконуються за схемою рис. 1.18. У цьому випадку схема генераторної установки спрощується, але ускладнюється схема регулятора напруги, тому що на нього переносяться функції запобігання розряду акумуляторної батареї на схему збудження генератора при непрацюючому двигуні автомобіля і керування лампою контролю працездатного стану генераторної установки[15].

На вхід регулятора може подаватися напруга генератора або акумуляторної батареї (пунктир на рис. 1.18), а іноді і обое цих напруг відразу.

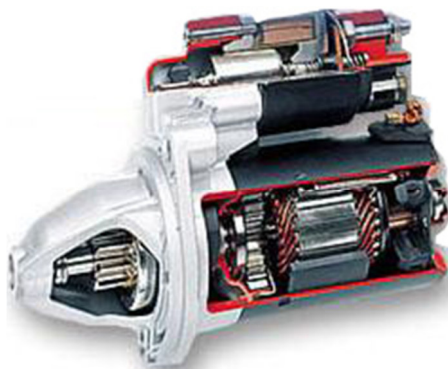
Звичайно, стабілітрон 12, що захищає від сплесків напруги додаткове плече випрямляча, а також виконання випрямляча на стабілітронах може бути використане в кожній з наведених схем.

Деякі фірми застосовують включення контрольної лампи через розділювальний діод, а в схемах рис. 1.15, 1.17 включення її йде через контактне реле. У цьому випадку обмотка реле включається на місце контрольної лампи. Якщо генераторна установка працює в комплексі з датчиком температури електроліту, вона має додаткові виводи для його приєднання[16].

Генератори на більші вихідні струми можуть мати паралельне включення діодів випрямляча. Для захисту схем генераторної установки застосовують запобіжники, звичайно в схемах контрольної лампи, з'єднаннях регулятора з акумуляторною батареєю, у схемі живлення акумуляторної батареї.

### 1.2.2 Конструктивні особливості стартерів

Стартер складається з електродвигуна, шестерного приводу, обгінної муфти (муфти вільного ходу).



1 - соленоїд і пускове реле; 2 - важіль включення стартера; 3 - обгінна муфта із ведучою шестірнею; 4 - шестерний редуктор (планетарна передача);  
5 - якір; 6 - постійні магніти

Рисунок 1.19 - Стартер з постійними магнітами і шестерним редуктором:

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Шестерня на валу електродвигуна стартера спочатку починає взаємодіяти із зубчастим вінцем маховика двигуна. Після пуску двигуна частота обертання шестірні стартера стає вище частоти обертання вала електродвигуна стартера, що може привести до виходу стартера з ладу через виникаюче відцентрове зусилля. Для запобігання цього небажаного явища між шестірнею стартера і його якорем установлюється обгінна муфта, яка відключає стартер від двигуна, як тільки частота обертання колінчатого вала починає перевищувати частоту обертання вала стартера[17].

У більшості випадків у стартері застосовується електродвигун постійного струму з послідовним збудженням, який характеризується високою частотою обертання без навантаження, який підтримує необхідну частоту обертання колінчатого вала двигуна під час його пуску. Прогрес, досягнутий у сфері технології виробництва феритів, дозволяє використовувати в стартерах електродвигуни з збудженням від постійних магнітів, стійких до розмагнічування. Стартери з якорями, що обертаються з більш високими швидкостями, але розвиваючими менший крутний момент, мають менші розмір і масу. Для них стає можливим збільшення передатного відношення між двигуном і якорем стартера. Діаметр зубчастого вінця маховика не може бути збільшений і тому збільшення цього передатного відношення здійснюється шляхом використання додаткового передатного щабля (стартери із шестерним редуктором)[14].

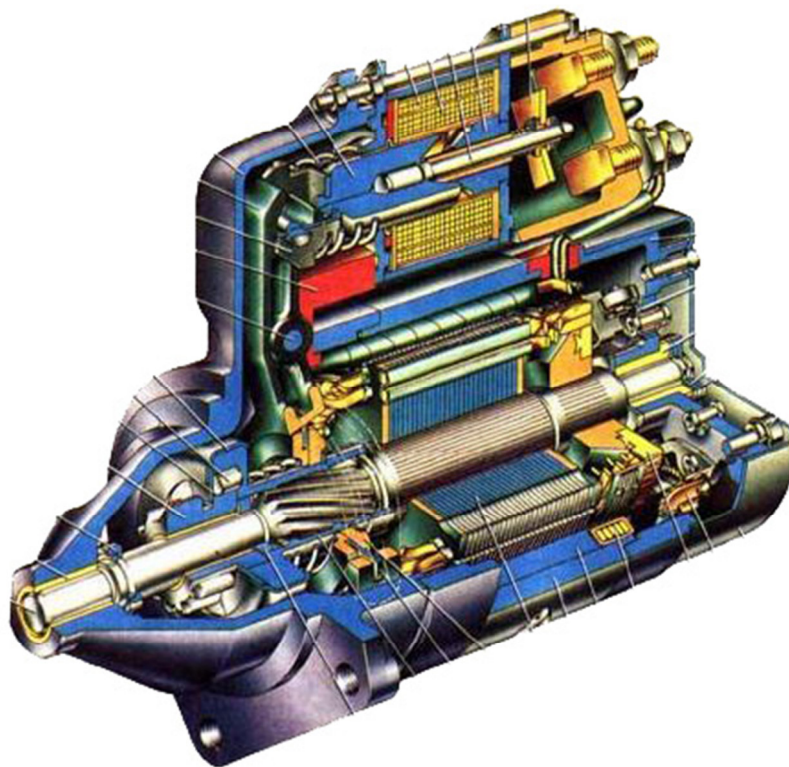
Стартери з інерційним приводом.

Інерційний привод є найпростішою формою шестерного привода. Обгінна муфта переміщається на валу якоря на спіральних шліцах при обертанні цього якоря. При включенні стартера ненавантажений якір починає вільно обертатися. При цьому шестірня стартера та обгінна муфта ще не обертаються через свою інерцію і виштовхуються вперед по шліцах. Як тільки шестірня входить у зачеплення із зубчастим вінцем маховика, вона втримується від обертання і проштовхується вперед ще далі до контакту зі

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

стопорним кільцем. У цей час крутний момент від якоря електродвигуна стартера передається на двигун через обгінну муфту, шестерню стартера і зубчастий вінець маховика[17].

Як тільки колінчатий вал починає обертати шестерню стартера зі швидкістю, що перевищує швидкість обертання якоря стартера, обгінна муфта перериває передачу зусилля від двигуна на цю шестерню і перешкоджає прискоренню обертання якоря. При цьому обгінна муфта і шестерня стартера переміщуються по спіральних шліцах вала назад. Цей процес роз'єднання шестерні стартера і зубчастого вінця маховика підсилюється за допомогою зворотної пружини, яка забезпечує втримання шестерні в положення роз'єднання від двигуна при непрацюючому стартері.



1 - вимикач стартера; 2 - пускове реле; 3 - обмотка збудження; 4 – шестерня стартера з обгінною муфтою; 5 - спіральні шліци; 6 – якір

Рисунок 1.20 - Стартер з інерційним приводом:

Обгінна муфта роликів типу. Стартери невеликих і середніх розмірів звичайно забезпечуються обгінними муфтами, у яких ролики за

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPMA 22.00.00.000 ПЗ

Арк.

32

допомогою пружин віджимаються в клиноподібні виїмки між зовнішньою обоймою муфти і її внутрішньою обоймою (валом шестерні). Коли стартер починає працювати, крутний момент підсилює ефект заклинювання роликів і цей момент передається від зовнішньої обойми на вал шестерні. Коли крутний момент міняє свій знак на протилежний, ролики виходять із клиноподібних виїмок, і шестерня починає обертатися вільно[15].

Багатодискова обгінна муфта. Використовується в стартерах вантажних автомобілів. Провідний елемент із зовнішніми дисками з'єднаний з якорем стартера, вал і шестерня стартера примусово з'єднано один з одним. Внутрішньо диски розміщені в напрямної внутрішньої муфти, яка може переміщатися в радіальному напрямку спіральним шліцам провідного вала. В умовах відсутності навантаження диски стискаються пружиною з невеликою силою, що дозволяє передавати через муфту тільки незначний крутний момент. При збільшенні навантаження внутрішня муфта переміщається спіральними шліцами в напрямку натискної пружини стискаючи її і забезпечуючи одночасно цим більш сильний стиск дисків. Багатодискова обгінна муфта може передавати підвищений крутний момен при збільшенні навантаження стартера[14].

Обгінна муфта із храповим механізмом. Застосовується в стартерах вантажних автомобілів. Муфта з'єднана з валом якоря, переміщаючись в осьовому напрямку (операція зачеплення) за рахунок взаємодії шліців вала і втулки. Зовнішня поверхня втулки виконана зі спіральними шліцами і забезпечує передачу крутного моменту до гайки напівмуфти, яка потім передає цей момент до шестерні стартера через зуби пилкоподібної форми. Після початку роботи двигуна шестерня стартера загвинчує гайку напівмуфти у зворотному напрямку через мілкопрофільні зуби і перериває передачу зусиль. Роз'єднувальне кільце при цьому також зрушується назад і втримується в положенні, що роз'єднує, сухарями. Відцентрове зусилля, створюване сухарями при малих швидкостях обертання шестерні стартера,

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

недостатньо для втримання обгінної муфти в положенні роз'єднання, і пружина знову забезпечує введення напівмуфти в зачеплення.

Класичний електростартер — це пристрій, який складається з електродвигуна (ЄДВ) постійного струму з послідовною обмоткою збудження, який на час пуску двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) підключається до акумуляторної батареї (АКБ) за допомогою пускового тягового реле (ПТР). Це ж реле за допомогою важеля з вилкою переміщає по осі стартера муфту вільного ходу (МВХ) і тим самим механічно зчленовує шестірню на валу стартерного електродвигуна безпосередньо з вінцевою шестірнею маховиків ДВЗ[18].

Конструкція стартера, при якій вал електродвигуна з'єднується прямо з маховиком ДВЗ, має ряд недоліків. Так, передаточне число головного редуктора, яке складається з вінцевої шестерні маховика і шестерні МВХ, не може бути досить високим. Обмеження накладаються розрахунковим розміром діаметра маховика, а також числом, розміром і міцністю зубців шестерні МВХ. У такій редукторній парі — співвідношення зубців не може бути більше 16-18.

Це приводить до необхідності використовувати в стартері такий електродвигун, у якого оберти якоря «м'яко» з'єднуються з механічним навантаженням на валу. До таких ставляться електродвигуни з послідовною обмоткою збудження, які володіють м'якою механічною характеристикою.

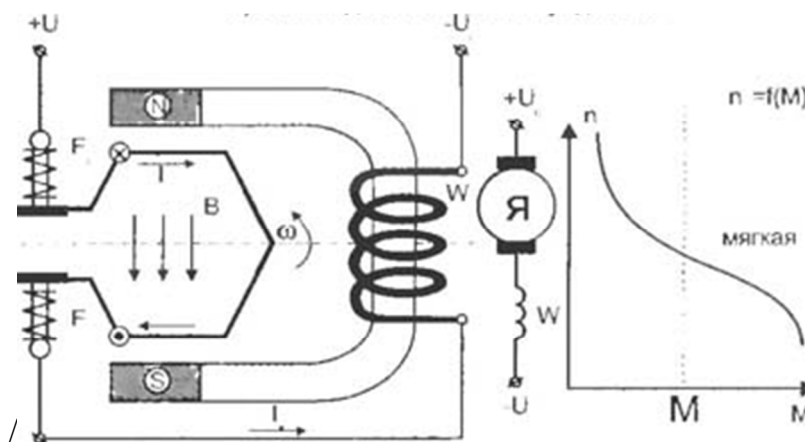


Рисунок 1.21 - Електродвигун з послідовною обмоткою збудження

Саме такі ЄДВ широко застосовуються в класичних електростартерах.

Конструктивним недоліком ЄДВ із послідовним збудженням є те, що в ньому струм збудження, дорівнює струму якоря, робить обмотку збудження громіздкою, що сильно нагрівається, а магнітну систему статора недостатньо ефективною і з низьким ККД. Навіть при заданому обмеженні на час роботи, стартер виходить важким і більших розмірів. Крім того, ЄДВ із послідовним збудженням у режимі холостого ходу може піти «врозніс»[19].

Від зазначених недоліків вільні ЄДВ із незалежним (від струму якоря) збудженням (рис. 1.22). Незалежне збудження магнітного поля на статорі ЄДВ можна одержати трьома способами: обмоткою збудження, яка підключена до окремого від якоря джерела електричної енергії (кероване незалежне збудження).

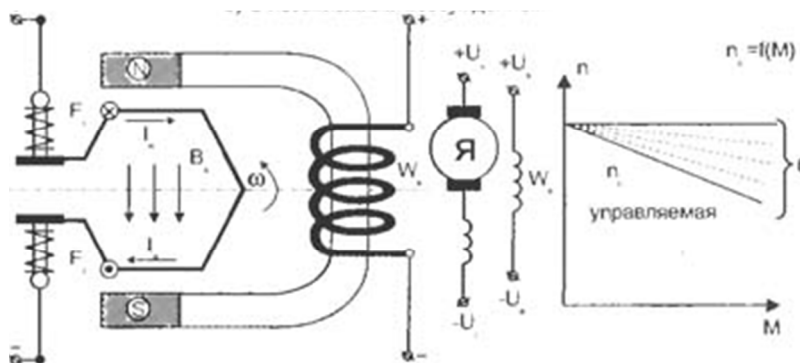


Рисунок 1.22 - Електродвигун з незалежним збудженням

Електродвигун з живленням обмотки збудження від незалежного джерела в автомобільній системі електростартерного пуску не використовується, тому що на бортові автомобіля одне пускове джерело електричної енергії — акумуляторна батарея.

Електродвигуни із чисто паралельним збудженням (рис. 1.23) в автомобільних електростартерах неефективні, тому що напруга АКБ при пуску ДВЗ у зимовий час (при температурі нижче - 20 °С) різко падає до 8-9 В. При цьому сила, що намагнічує, паралельної обмотки збудження, а отже і крутний момент стартера, значно слабшають, пуск ДВЗ стає неможливим.

Крім того, характеристика ЕДВ із паралельним збудженням тверда, що неприпустимо при низькому передатному співвідношенні між обертами стартерного ЕДВ і обертами коленвала ДВЗ, тому що це може привести до ударних перевантажень і поломкам у зубцях механічного приводу[15].

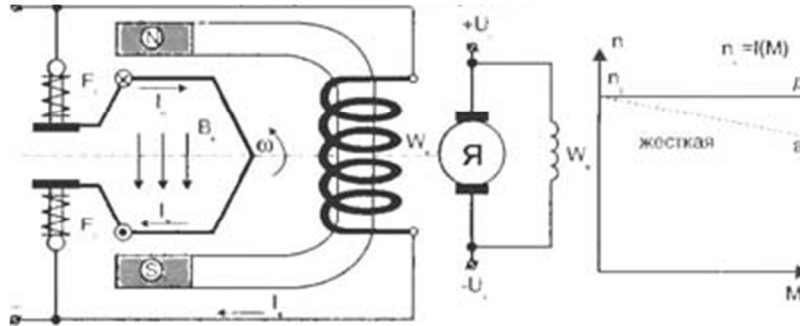


Рисунок 1.23 - Електродвигун з паралельним збудженням постійними магнітами на статорі

Однак жорсткість характеристики ЕДВ забезпечує плавність ходу стартера, а також обмеженість обертів холостого ходу, і тому паралельне збудження іноді вводиться в ЕДВ класичного електростартера додатково до послідовного.

Таке збудження забезпечує ЕДВ усереднену (помірковано тверду) механічну характеристику і називається змішаним. Використовується, наприклад, у стартерах для автомобілів ЗАЗ.

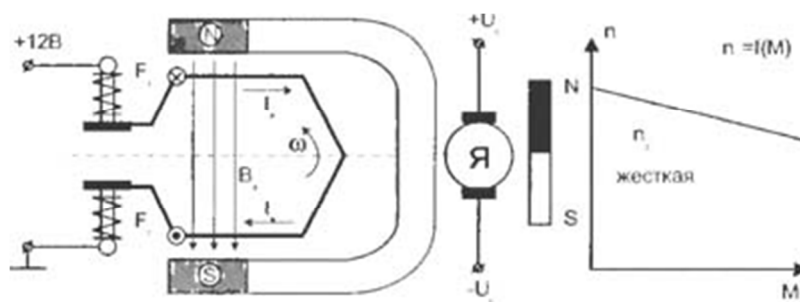


Рисунок 1.24 - Електродвигун з збудженням від постійного магніту

Винятково вдалим технічним рішенням для автомобільного електростартера є наявність у його конструкції електродвигуна з незалежним збудженням від постійних магнітів (рис. 1.24) і додаткового понижувального

планетарного редуктора, встановленого безпосередньо усередині корпуса стартера між валом електродвигуна і віссю, по якій переміщається муфта вільного ходу ( про планетарні редуктори див. нижче).

Такі стартери мають наступні переваги.

По-перше, головне магнітне поле електродвигуна з постійними магнітами на статорі не залежить ні від струму якоря, ні від спадання напруги АКБ при пуску ДВЗ.

По-друге, система постійних магнітів на статорі електродвигуна робиться багатополюсною (не менш шести полюсів), що дозволяє помітно зменшити габарити магнітної системи (постійні магніти значно менше електромагнітів), а отже й усього стартера в цілому. ККД і оберти стартерного електродвигуна з багатополюсним статором також вище[11].

По-третє, самі постійні магніти виконуються не зі сплавів дорогих металів, а зі феритових порошків з великою коерцитивною силою, що робить магніти легкими, міцними, технологічними і, як наслідок, дешевими.

По-четверте, наявність додаткового понижувального редуктора в електростартерній системі пуску дозволяє оптимально узгодити тверду механічну характеристику електродвигуна незалежного збудження з мінімальною пусковою частотою обертання коленвалу ДВЗ при максимальному механічному навантаженні стартера.

І нарешті, в-п'ятих, стартерний ЕДВ із незалежним збудженням від постійних магнітів і з додатковим редуктором може працювати в режимі підвищених обертів при пуску холодного двигуна, споживаючи при цьому від АКБ менший струм у порівнянні із класичним стартером. ККД стартерного режиму АКБ і надійність пуску ДВЗ збільшуються[14].

Як і будь-яка нова техніка, електростартери із планетарним редуктором і з збудженням від постійних магнітів на початковому етапі впровадження мали деякі недоліки: вони були значно дорожче класичних за рахунок високої вартості постійних магнітів і планетарного редуктора; у них швидше

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

зношувалися щітки через більш високі оберти; їхня робота супроводжувалася підвищеним шумом.

Сучасна технологія виготовлення стартерів нового покоління виключає ці недоліки. Так, постійні магніти, як ми вже відзначали, стали феритовими. Головна шестерня планетарного редуктора виготовляється литтям під тиском з термореактивної пластмаси. Пластмасу армують бронзою, що робить планетарну шестірню міцної, зносостійкої, технологічною і дешевою. Інші деталі додаткового редуктора звичайного виконання. Планетарний редуктор із пластмасовою шестернею не шумить. Швидке зношування колекторних щіток усунутий застосуванням у них більш твердого графіту і видаленням з нього порошкової міді[16].

Останнє стало можливим за рахунок зниження величини якірного струму. Зменшена сила притиснення щіток до колектора. Слід однак зауважити, що вартість стартера нового покоління поки ще трохи вище вартості класичного. Але якщо 15 років тому різниця в ціні була близько 150 %, те останнім часом вона не перевищує 50 %.

Схеми керування електростартерами.

Схеми внутрішніх з'єднань електростартерів з послідовним і змішаним збудженням з використанням одно- і двохобмоткових тягових реле наведені на рис. 1.26. Однообмотувальне тягове реле підключається до акумуляторної батареї GB (рис. 1.26, а) переключенням ключа вимикача запалювання 2 з контактами S1 в нефіксоване положення «стартер». Якір тягового реле втягується в електромагніт, за допомогою важільного механізму вводить шестерню привода в зачеплення з вінцем маховика і наприкінці ходу замикає силові контакти реле ДО1 у схемі електродвигуна М[17].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

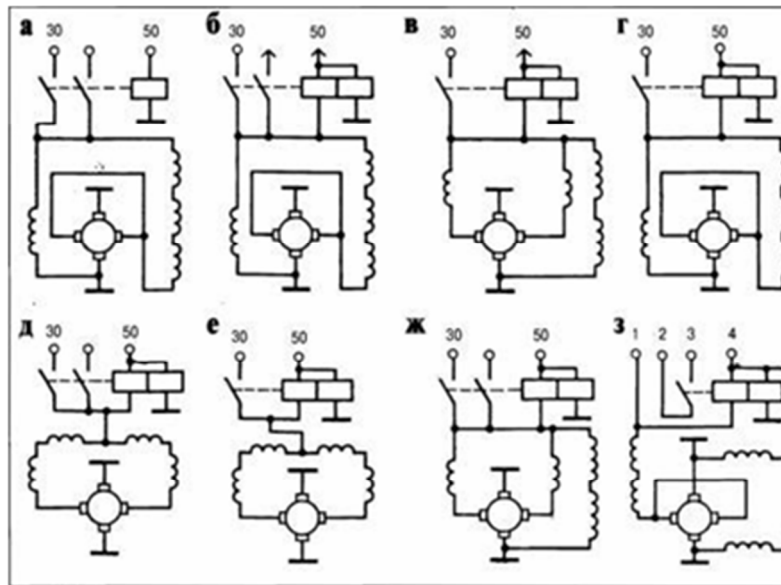


Рисунок 1.26 - Схеми внутрішніх з'єднань електростартерів

Силові контакти замикаються до повного введення шестерні в зачеплення. Якщо шестерня впирається у вінець маховика, якір реле продовжує переміщатися внаслідок стиску буферної пружини привода і замикає силові контакти. Якір із шестернею починають обертатися, і шестерня під дією буферної пружини входить у зачеплення, коли зуб шестерні встановлюється проти западини зубчастого вінця маховика. Використання додаткового зусилля в шліцевому з'єднанні вала і прямої втулки провідної обойми роликової муфти вільного ходу для переміщення шестерні дозволяє зменшити тягове зусилля і хід якоря електромагніту, розміри і масу тягового реле[14].

Для відключення стартера необхідно зняти зусилля із ключа вимикача запалювання. Ключ автоматично займе положення «Запалювання». При цьому якір відключеного від джерела струму тягового реле і приводний механізм під дією пружини вертаються у вихідне положення.

У стартерах із двообмотковими реле (рис. 1.27, б і в) при замиканні контактів S1 вимикача запалювання 2 струм від батареї проходить через, що

втягує і утримуючу обмотки. При замиканні контактів реле ДО1 обмотка, що втягує, замикається накоротко.

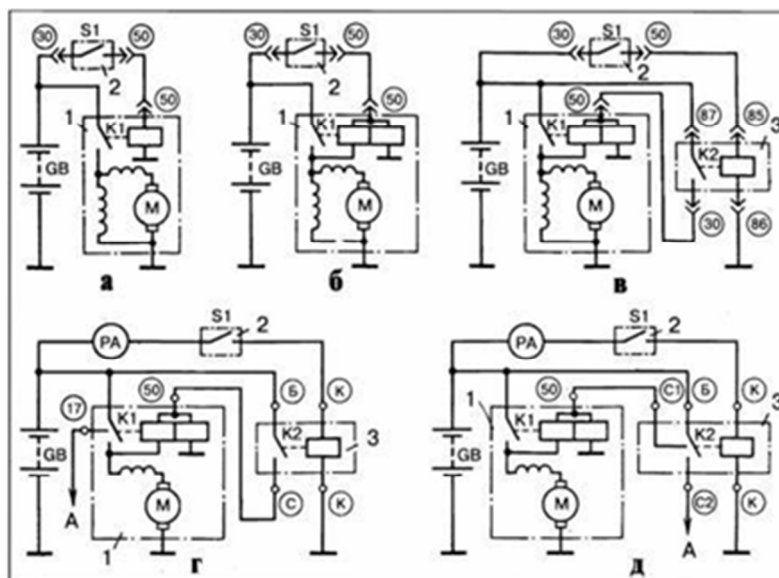


Рисунок 1.27 - Схеми керування електростартерами

Обмотки тягового реле ДО1 можуть підключатися до джерела струму через контакти допоміжного реле ДО2 (рис. 1.27, в, г і д). Додатковий контакт 17 у тяговому реле або в допоміжному реле замикає накоротко додатковий резистор котушки запалювання[18].

У розглянутих схемах керування після пуску двигуна слід негайно виключити стартер, тому що при тривалому обертанні відомої обойми із шестернею привода можливе заклинювання роlikової муфти вільного ходу і пошкодження якоря. Включення стартера при роботі двигуна може привести до пошкодження зубів шестерні і вінця маховика або виходу з ладу муфти вільного ходу.

Надійність системи пуску і термін служби стартера можна підвищити за рахунок автоматизації відключення стартера після пуску двигуна і блокування його включення при роботі двигуна.

### 1.3 Несправності стартерів і генераторів

#### 1.3.1 Характерні несправності генераторних установок і методи їх виявлення

Генераторна установка справна, якщо вона забезпечує заряд акумуляторної батареї, розвиває напругу, достатню для живлення і не небезпечне для споживачів, і працює без шуму. Сучасні генераторні установки є високонадійними агрегатами, і часто за їхню відмову приймають відсутність контакту або коротке замикання в проведенні автомобіля, спрацьовування запобіжника, відмова амперметра і т.д.

Неякісне з'єднання між виводами генератора і регулятора напруги приводить до зміни вихідної напруги системи електропостачання. Зокрема, підвищений опір на ділянці між виводами «маса» генератора і регулятора ( в автомобілів ЗАЗ воно не повинне перевищувати 0,01 Ом) викликає перезаряд акумуляторної батареї через ріст напруги генераторної установки. На автомобілях ЗАЗ із генератором Г221А і регулятором напруги 121.3702 підвищений опір ділянок схеми між генератором і регулятором напруги викликає миготіння лампи контролю заряду на щитку приладів при роботі двигуна на малих обертах. Підвищений опір може виникнути через ослаблення пружини тримача запобіжника в схемі регулятора напруги, поганого контакту у вимикачі запалювання або в штекерних з'єднаннях, порушення з'єднання регулятора з «масою» автомобіля[20].

Якщо амперметр при працюючому двигуні автомобіля показує малу силу струму або взагалі на нулі, це ще не виходить, що генераторна установка не справна – акумуляторна батарея може бути просто повністю розряджена. У цьому випадку потрібно стежити за показанням амперметра відразу після пуску двигуна. Поступове зменшення зарядного струму характеризує справну генераторну установку.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Характерні несправності генераторних установок і їх методи усунення наведено в таблиці 1.4.

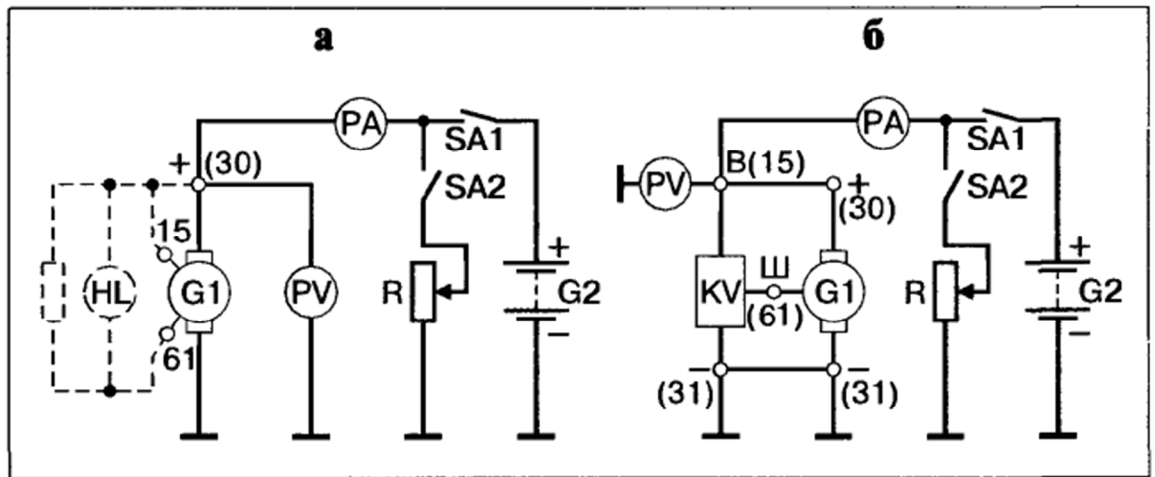
Таблиця 1.4 Несправності генераторних установок і способи їх усунення

Причина несправності	Спосіб усунення
Окиснення виводів акумуляторної батареї	Зачистити і змазати виводи
Відмова акумуляторної батареї	Замінити акумуляторну батарею
Порушення проводки між елементами	Перевірити проводи, підтягти болтові з'єднання, перевірити надійність штекерних з'єднань
Спрацьовування запобіжника в схемі регулятора напруги	Установити і усунути причину спрацьовування. Запобіжник замінити
Слабкий натяг приводного паса	Підтягти ремінь
Несправність генератора	При короткочасному замиканні виводів Ш и «+» регулятора напруги генераторних установок амперметр не показує різкого стрибка сили зарядного струму, а вольтметр – напруги. Генератор зняти і відремонтувати
Несправність регулятора напруги	Якщо при виконанні операцій попереднього пункту спостерігається різкий стрибок сили зарядного струму і напруги – регулятор несправний, його слід замінити або відремонтувати
Відмова елементів транзисторного регулятора напруги	Регулятор відправити в ремонт або замінити
Підвищене спадання напруги в контактних з'єднаннях ланцюга між регулятором напруги і бортовою мережею	Перевірити або при необхідності зачистити, підтягти або замінити контактні з'єднання у вимикачі запалювання, запобіжників, штекерних і гвинтових з'єднаннях даної схеми, у тому числі з'єднуючих регулятор напруги з «масою»

Певну інформацію про працездатність генераторної установки, виконаної по одній зі схем, тобто з лампою контролю заряду акумуляторної

установки, можна одержати по роботі цієї лампи. Насамперед, звичайно, слід переконатися, що сама лампа і реле її включення, а також усі з'єднання схеми, у тому числі контакти вимикача запалювання справні. У цьому випадку, якщо лампа не горить при непрацюючому двигуні при включення вмикача запалювання, причиною може бути замикання обмотки статора на масу або замикання мінусових діодів. Після запуску і виходу двигуна на нормальний режим роботи в справної генераторної установки лампа повинна згаснути. Проте, контрольна лампа не контролює відмову регулятора напруги, пов'язаний з не закриванням вихідного транзистора, головним чином з коротким замиканням усередині вихідного транзистора регулятора. У цьому випадку напруга генераторної установки не регулюється і досягає неприпустимо високих значень, але лампа після запуску гасне, як і в нормально працюючої установки. Найбільш повну і правильну інформацію про працездатність генераторної установки може дати вольтметр із межами виміру до 15-30 В. При повністю зарядженої АКБ, включених фарах далекого світла і середніх частотах обертання колінчатого вала двигуна напруга генераторної установки між виводом «+» і «масою» повинне бути в межах 13-15 В. Низька напруга може бути викликана відмовою як генератора, так і регулятора, високе – тільки відмовою регулятора або підвищеним спаданням напруги в ланцюзі включення регулятора в бортову мережу. Причиною низької напруги може бути слабкий натяг приводного паса, який слід перевірити. Відповідність генераторних установок пропонованим до них технічним вимогам і їх справність можна перевірити на стенді, знявши генераторну установку із двигуна і зібравши схеми[16].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43



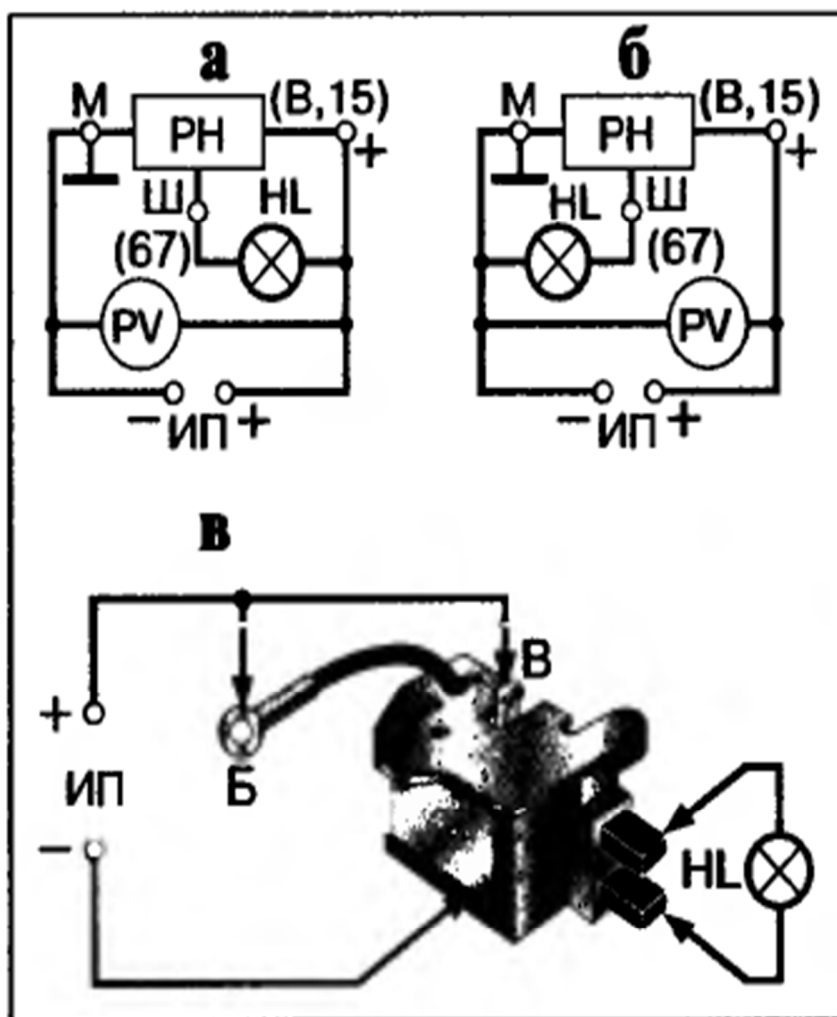
а - із вбудованим регулятором напруги; б – з винесеним регулятором напруги

Рисунок 1.28- Схеми перевірки генераторних установок:

Справність регулятора напруги можна перевірити і окремо від генератора по схемах.

У якості джерела напруги ДЖ можна використовувати будь-яке джерело, у якого постійна напруга змінюється в межах 12 – 16 В. Можна використовувати і дві акумуляторні батареї – одну напругою 12 – 12,5 В і послідовно з нею включені дві акумуляторні банки іншої батареї на загальну напругу 15 -16 В. Контрольну лампу HL потужністю не більше 6 Вт включають так само, як обмотку збудження генератора, з яким працює регулятор напруги[18].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



а - обмотка збудження включена між виводами Ш і «+»; б – обмотка збудження включена між Ш і «-»; в – регулятор 17.3702 у зборі із щіткотримачем

Рисунок 1.29 – Схеми перевірки регулятора напруги:

Більш повна діагностика генератора може бути зроблена тільки після його розбирання. Насамперед, потрібно зняти з генератора регулятор, який у більшості випадків утворює із щіткотримачем єдиний блок. У більшості типів вітчизняних генераторів цей блок можна зняти, відвернувши два гвинти, що кріплять кожух регулятора до кришки генератора. У генератора 37.3701 для зняття регулятора напруги слід відвернути два гвинти, що кріплять одночасно металеву пластину – тепловідвід регулятора і

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

щіткотримач до кришки генератора, а потім вийняти регулятор, залишивши щіткотримач на місці. Для цього між металевою пластиною регулятора і пластмасовим кріпильним вушком щіткотримача рекомендується вставити викрутку. У генераторів компактної конструкції насамперед слід зняти пластмасовий захисний кожух, закріплений на задній кришці. Регулятор напруги, виконаний у металоскляному корпусі, знімається разом із щіткотримачем. Щітки разом з контактними пластинами витягуються із щіткотримача разом з регулятором. Подальше розбирання генератора проводиться зняттям гайок зі стяжних болтів або вивертанням цих болтів, якщо вони вкручені прямо в кришку. Після цього статор разом із кришкою з боку контактних кілець легко відокремлюється від кришки з боку привода і ротора. Справність котушки збудження перевіряється омметром, приєднаним до контактних кілець[17].

Величини опору обмоток повинні відповідати, звичайно 3 – 5 Ом або 2 – 3 Ом залежно від того, на який максимальний струм розрахований регулятор напруги. Малий опір говорить про наявність міжвиткового замикання, велике – про обрив обмотки, викликаним поворотом каркаса щодо полюсних половин або відпайкою кінців обмотки від контактних кілець, що може виявити візуально.

Омметром можна перевірити обмотку і на наявність замикання на сталеві частини ротора.

Діагностика обмотки статора вимагає спеціальної апаратури. Візуально ізоляція проводу не повинна мати слідів підгоряння і опадання.

### 1.3.2 Основні несправності стартерів, способи їх виявлення і усунення

При включенні стартера якір не обертається (тягове реле не спрацьовує) (табл.1.5)

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Таблиця 1.5 - Основні несправності стартера

Причина несправності стартера	Спосіб усунення
Несправність або повна розрядка акумулятора	Перевірити батарею, зарядити її або замінити
Слабкий контакт між клемми провідників і виводами акумулятора	Очистити контактні поверхні від окислів, затягти клеми
Надмірне окиснення виводів акумуляторної батареї і наконечників проводів; ослаблення затягування наконечників	Очистити полюсні виводи і наконечники проводів, затягти і змазати вазеліном
Міжвиткове замикання в обмотці тягового реле, замикання її на корпус або обрив	Замінити реле
Обрив у схемі живлення тягового реле стартера	Відновити з'єднання, перевірити реле включення стартера
Несправність вимикача запалювання: не замикає ланцюг між контактами "30" і "50"	Очистити контакти або замінити вимикач
Заїдання якоря тягового реле	Зняти реле, перевірити легкість переміщення якоря

При включенні стартера якір не обертається або обертається занадто повільно (тягове реле спрацьовує) (табл.1.6)

Таблиця 1.6 - Несправності стартера

Причина несправності стартера	Спосіб усунення
Несправність або розряд акумуляторної батареї	Перевірити батарею, зарядити її або замінити
Окиснення виводів акумуляторної батареї і наконечників, що приєднують до них проводів; наконечники слабо затягнуті	Очистити від окислів виводи акумуляторної батареї і наконечники проводів, затягти і змазати вазеліном
Окиснення контактних болтів тягового реле	Очистити від окислів контактні болти
Ослаблення затягування гайок кріплення проводів на контактних болтах тягового реле	Затягти гайки кріплення проводів
Сильне підгоряння колектора, зависання щіток або їх значне зношування	Замінити колектор і щітки
Обрив в обмотці якоря або статора	Замінити обмотку статора або якоря
Замикання між пластинами колектора, міжвиткове замикання в обмотці якоря або статора, або їх замикання на корпус	Замінити ушкоджені деталі
Замикання щікотримача позитивної щітки на корпус	Усунути замикання або замінити кришку з боку колектора

Підвищений шум стартера під час обертання його якоря(табл.1.7).

Таблиця 1.7 - Несправності стартера

Причина несправності стартера	Спосіб усунення
Занадто велике зношування втулок підшипників або шийок вала якоря	Замінити втулки або якір
Ослаблення кріплення стартера або поломка його кришки з боку привода	Затягти болти кріплення або відремонтувати стартер
Перекіс стартера, допущений при його установці	Перевірити кріплення стартера
Ослаблення кріплення полюса статора (обертаючись, якір зачіпає за нього)	Затягти гвинт кріплення полюса
Пошкодження зубів шестерні привода стартера або вінця маховика	Замінити привод або вінець маховика
Шестерня не виходить із зачеплення з маховиком:	
-заїдання важеля привода;	Замінити важіль
- заїдання важеля муфти на шліцах вала якоря;	Очистити шліци і змазати їхнім моторним маслом
-ослаблення або поломка пружини муфти або тягового реле;	Замінити муфту або тягове реле
-випадання стопорного кільця з боку муфти	Замінити ушкоджені деталі
-заїдання якоря тягового реле через перегрів	Замінити тягове реле
-відсутність замикання контактів "30"- "50" вимикача запалювання	Зачистити контакти або замінити контактну частину вимикача

Висновки до першого розділу

Проведено огляд та аналіз видів обладнань по діагностиці і ремонту

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

стартерів і генераторів, їх функціональні можливості.

Розглянуто конструктивні особливості стартерів і генераторів вітчизняного та закордонного виробництва, їх схеми з'єднання.

Описано основні характерні несправності генераторних установок та статорів, методи їх виявлення і усунення. Що в свою чергу вимагає спеціальної апаратури з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів.

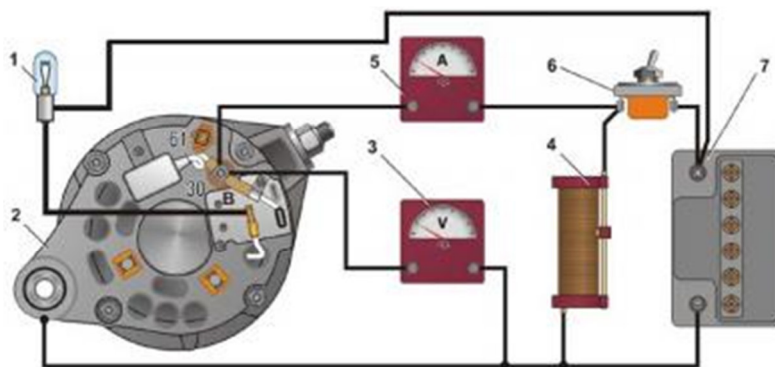
					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ДІАГНОСТИКА, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТ ГЕНЕРАТОРА ЗМІННОГО СТРУМУ І СТАРТЕРА

### 2.1 Діагностика, технічне обслуговування та ремонт генератора змінного струму і реле регулятора

Перевірка генератора на стенді.

Перевірка на стенді (рис.2.1) дозволяє визначити справність генератора і відповідність його характеристик номінальним. У генератора, що перевіряється, щітки повинні бути добре притерті до контактних кілець колектора, а самі кільця чистими.



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

Рисунок 2.1 - Схема з'єднань для перевірки генератора на стенді

Установіть генератор на стенд і виконаєте з'єднання як зазначено на рисунку. Включіть електродвигун стенда, реостатом 5 установіть напругу на виході генератора 13 В і доведіть частоту обертання ротора до 5000 об. Дайте генератору попрацювати на цьому режимі не менш 10 хв, а потім замірте силу струму віддачі. У справного генератора вона повинна бути не менш 55 А[21].

Якщо заміряна величина струму, що віддається, менше, те це говорить про несправності в обмотках статора і ротора або про ушкодження вентилів.

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

У цьому випадку необхідна ретельна перевірка обмоток і вентилів, щоб визначити місце несправності. Напруга на виході генератора перевіряється при частоті обертання ротора 5000 об. Реостатом 5 установіть струм віддачі 15 А і замірте напругу на виході генератора, яка повинне бути  $(14,1 \pm 0,5)$  В при температурі навколишнього повітря і генератора  $(25 \pm 10)^\circ \text{C}$  [22].

Якщо напруга не укладається в зазначені межі, то замініть регулятор напруги новим, завідомо справним, і повторіть перевірку. Якщо напруга буде нормальною, то, отже, старий регулятор напруги ушкоджений і його необхідно замінити. А якщо напруга як і раніше не буде укладатися в зазначені вище межі, то необхідно перевірити обмотки і вентиля генератора.

Перевірка генератора електронним осцилографом.

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

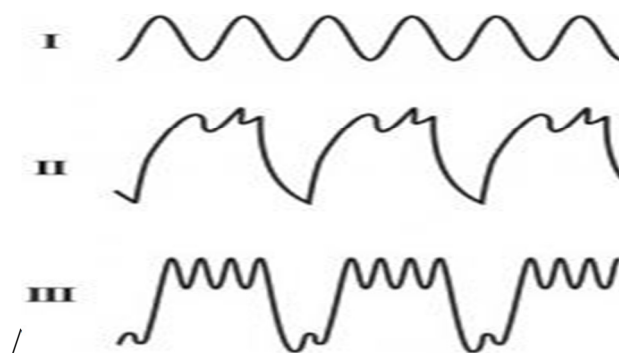
Для перевірки зберіть схему згідно з малюнком. Від'єднаєте проведення загального виводу трьох додаткових діодів від штекера «В» регулятора напруги і вживіть заходів, щоб наконечник від'єданого дроту не замкнувся масою генератора. До штекера «В» регулятора приєднаєте провід від акумуляторної батареї через контрольну лампу 1. Таким чином, обмотка збудження буде живитися тільки від акумуляторної батареї [23].

Включіть електродвигун стенда і доведіть частоту обертання ротора до 1500-2000 об. Вимикачем 6 відключіть акумуляторну батарею від клемми «30» генератора і реостатом 4 установіть струм віддачі 10 А.

Перевірте по осцилографу напругу на клемі «30» генератора. При справних вентилях і обмотці статора крива випрямленої напруги має пилкоподібну форму з рівномірними зубцями (рис.2.2, І). Якщо є обрив в обмотці статора або обрив або коротке замикання у вентилях випрямного блоку – форма кривої різко міняється: порушується рівномірність зубців і

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

з'являються глибокі западини (рис.2.2, II і III). Перевіривши форму кривої напруги на клемі «30» генератора і переконавшись, що вона має нормальний вигляд, перевіряють напругу на штекері «61» або на наконечникові дроту, відєданого від штекера «В» регулятора напруги. Ці точки є загальним виводом трьох додаткових діодів, що живлять обмотку збудження при роботі генератора. Форма кривої напруги тут також повинна мати правильну пилкоподібну форму. Неправильна форма кривої свідчить про пошкодження додаткових діодів[20].



1 – генератор справний; 2 – вентиль пробитий; 3 – обрив у схемі вентилія

Рисунок 2.2 Форма кривої випрямленої напруги генератора

Перевірка обмотки збудження ротора. Обмотку збудження можна перевірити, не знімаючи генератор з автомобіля, знявши тільки захисний кожух і регулятор напруги разом із щіткотримачем. Зачистивши при необхідності шліфувальною шкуркою контактні кільця, омметром або контрольною лампою перевіряють, чи немає обриву в обмотці збудження і чи не замикається вона з масою[19].

Перевірка статора. Статор перевіряється окремо, після розбирання генератора. Виводи його обмотки повинні бути відєдані від вентилів випрямляча. У першу чергу перевірте омметром або за допомогою контрольної лампи і акумуляторної батареї, чи немає обривів в обмотці статора і не замикаються чи її витки на масу.

Ізоляція проводів обмотки повинна бути без слідів перегріву, який відбувається при короткому замиканні у вентилях випрямного блоку. Статор з такою ушкодженою обмоткою замініте.

Нарешті, необхідно перевірити спеціальним дефектоскопом, немає чи в обмотці статора короткозамкнених витків.

Перевірка конденсатора. Конденсатор служить для захисту електронного встаткування автомобіля від імпульсів напруги в системі запалювання, а також для зниження перешкод радіоприйманню[19].

Ушкодження конденсатора або ослаблення його кріплення на генераторі (погіршення контакту з масою) виявляється по збільшенню перешкод радіоприйманню при працюючому двигуні.

Орієнтовно справність конденсатора можна перевірити мегомметром або тестером (на шкалі 1–10 МОм). Якщо в конденсаторі немає обриву, то в момент приєднання щупів приладу до виводів конденсатора стрілка повинна відхилитися убік зменшення опору, а потім поступово повернутися назад.

Ємність конденсатора, заміряна спеціальним приладом, повинна бути  $2,2 \text{ мкф} \pm 20 \%$ .

Перевірка вентилів випрямного блоку. Справний вентиль пропускає струм тільки в одному напрямку. Несправний – може або взагалі не пропускати струм (обрив схеми), або пропускати струм в обох напрямках (коротке замикання). У випадку пошкодження одного з вентилів випрямляча необхідно замінити цілком випрямний блок. Коротке замикання вентилів випрямного блоку можна перевірити, не знімаючи генератор з автомобіля, попередньо від'єднавши проведення від акумуляторної батареї і генератора та знявши захисний кожух. Також від'єднується проводи від виводу «В» регулятора напруги. У генератора зі старим регулятором напруги необхідно ще від'єднати вивід «Б» регулятора напруги від клеми «30» генератора. Перевірити можна омметром або за допомогою лампи (1-5 Вт, 12 В) і акумуляторної батареї, як показано на рисунку[22].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Попередження. З метою спрощення кріплення деталей випрямляча три вентиля (із червоною міткою) створюють на корпусі «плюс» випрямленої напруги. Ці вентиля «позитивні» і вони запресовані в одну пластину випрямного блоку, з'єднану з виводом «30» генератора. Інші три вентиля («негативні» із чорною міткою) мають на корпусі «мінус» випрямленої напруги. Вони запресовані в іншу пластину випрямного блоку, з'єднану з «масою»[21].

Спочатку перевірте, чи немає замикання одночасно в «позитивних» і «негативних» вентилях. Для цього «плюс» батареї через лампу приєднаєте до затискача «30» генератора, а «мінус» до корпусу генератора (рис.2.3, I). Якщо лампа горить, то «негативні» і «позитивні» вентиля мають коротке замикання. Коротке замикання «негативних» вентилів можна перевірити, з'єднавши «плюс» батареї через лампу з одним з болтів кріплення випрямного блоку, а «мінус» з корпусом генератора (рис.2.3, II). Горіння лампи означає коротке замикання в одному або декількох «негативних» вентилях. Слід пам'ятати, що в цьому випадку горіння лампи може бути й наслідком замикання витків обмотки статора на корпус генератора. Однак така несправність зустрічається рідше, чим коротке замикання вентилів. Для перевірки короткого замикання в «позитивних» вентилях «плюс» батареї через лампу з'єднаєте із затискачем «30» генератора, а «мінус» – з одним з болтів кріплення випрямного блоку (рис.2.3, III). Горіння лампи вкаже на коротке замикання одного або декількох «позитивних» вентилів. Обрив у вентилях без розбирання генератора можна виявити або осцилографом, або при перевірці генератора на стенді по значному зниженню (на 20-30 %) величини струму, що віддається, у порівнянні з номінальним. Якщо обмотки, додаткові діоди і регулятор напруги генератора справна, а у вентилях немає короткого замикання, то причиною зменшення струму, що віддається, є обрив у вентилях[20].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

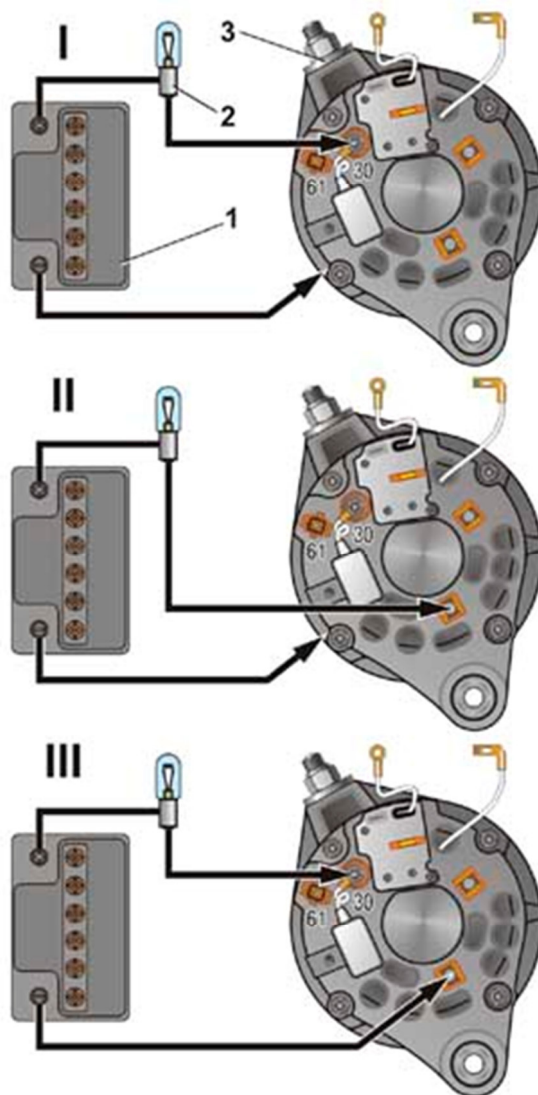


Рисунок 2.3 - Схеми для перевірки вентилів випрямляча

Перевірка додаткових діодів (рис.2.4).

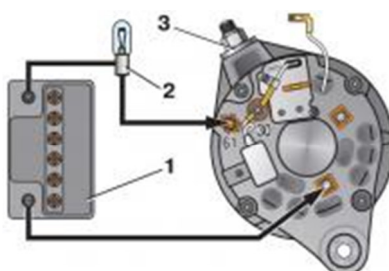


Рисунок 2.4 Схема для перевірки додаткових діодів

Коротке замикання додаткових діодів можна перевірити без зняття і розбирання генератора за схемою, наведеної на рисунку 2.4.

Також як і для перевірки вентилів випрямного блоку, при цьому необхідно від'єднати проводу від акумуляторної батареї і генератора, зняти захисний кожух генератора і від'єднати провід від виводу «В» регулятора напруги. «Плюс» батареї через лампу (1-3 Вт, 12 В) приєднасте до виводу «61» генератора, а «мінус» до одному з болтів кріплення випрямного блоку. Якщо лампа загориться, то в якомусь із додаткових діодів є коротке замикання. Знайти ушкоджений діод можна тільки знявши випрямний блок і перевіряючи кожний діод окремо. Обрив у додаткових діодах можна виявити осцилографом по викривленню кривої напруги на штекері «61», а також по низькій напрузі (нижче 14 В) на штекері «61» при середній частоті обертання ротора генератора[22].

Перевірка регулятора напруги (рис.2.5).

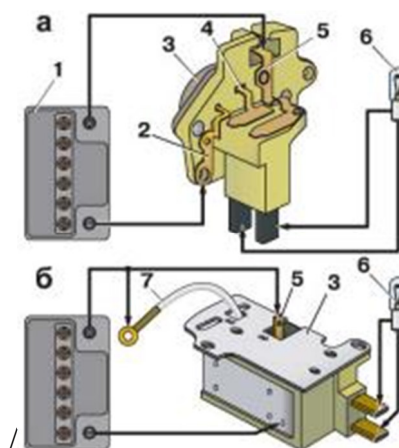


Рисунок 2.5 - Схеми для перевірки регулятора напруги

Робота регулятора напруги полягає в безперервній і автоматичній зміні сили струму збудження генератора таким чином, щоб напруга генератора підтримувалася в заданих межах при зміні частоти обертання і струму навантаження генератора.

Перевірка на автомобілі. Для перевірки необхідно мати вольтметр постійного струму зі шкалою до 15-30 В класу точності не гірше 1,0.

Порядок виконання.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

1. Після 15 хв роботи двигуна на середніх обертах при включених фарах замірте напругу між клемою «30» і масою генератора. Напруга повинна перебувати в межах 13,6–14,6 В.

2. У тому випадку, якщо спостерігається систематичний недозаряд або перезаряд акумуляторної батареї і регульована напруга не укладається в зазначені межі, регулятор напруги необхідно замінити.

Перевірка знятого регулятора. Регулятор, знятий з генератора, перевіряється за схемою, наведеною на рис. Схеми для перевірки регулятора напруги. Регулятор, що застосовувався до 1996 р., краще перевіряти в зборі із щіткотримачем, за схемою (б), тому що при цьому можна відразу виявити обриви виводів щіток і поганий контакт між виводами регулятора напруги і щіткотримача[20].

Порядок виконання.

1. Між щітками включіть лампу 1–3 Вт, 12 В. До виводів «В», «Б» (якщо він є) і до маси регулятора приєднаєте джерело живлення спочатку напругою 12 В, а потім напругою 15–16 В.

2. Якщо регулятор справний, то в першому випадку лампа повинна горіти, а в другому – гаснути.

3. Якщо лампа горить в обох випадках, то в регуляторі пробій, а якщо не горить в обох випадках, то або в регуляторі є обрив, чи немає контакту між щітками і виводами регулятора напруги (у генератора випуску до 1996 р.).

Ремонт генератора, розбирання генератора (рис.2.6).

Порядок виконання.

1. Очистите і продуйте генератор стисненим повітрям. Послабивши стяжний хомут, від'єднаєте повітрозабірник 3 від патрубку захисного кожуха 4. Відвернувши два гвинти 1 і гайки з подовжувача 5 контактного болта, зніміть захисний кожух 4. Від'єднаєте проведення 6 від виводу «б1» генератора і відверніть подовжувача 5 контактного болта[23].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58



1 – регулятор напруги в зборі із щіткотримачем у генераторів випуску з 1996 р.; 2 – регулятор напруги й щіткотримач у генераторів випуску до 1996 р.; 3 – колодка виводу додаткових діодів; 4 – ізолюючі втулки; 5 – випрямний блок; 6 – контактний болт; 7 – статор; 8 – ротор; 9 – дистанційна втулка; 10 – внутрішня шайба кріплення підшипника; 11 – кришка з боку привода; 12 – шків; 13 – зовнішня шайба кріплення підшипника; 14 – стяжний болт; 15 – передній шарикопідшипник ротора; 16 – втулка; 17 – кришка з боку контактних кілець; 18 – буферна втулка; 19 – підтискна втулка; 20 – конденсатор

Рисунок 2.6 - Ремонт і розбирання генератора

2. Застопорите шків генератора захватом, що входять у комплект пристосування 67.7823.9504, відверніть гайку кріплення шківів і знімачем спресуйте шків. Зніміть шпонку і конічну шайбу шківів.

3. У комплект пристосування 67.7823.9504 входить звичайний знімач і захват. Останній складається із двох сталевих півкілець, які вкладають у струмок шківів. Півкільця мають таке ж перетин, як і ремінь привода генератора. З однієї сторони вони з'єднані шарнірно, а з іншого постачені важелями, які стискаються однією рукою при знятті шківів.

4. Від'єднаєте провід від штекера «В» регулятора напруги.

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

5. Від'єднаєте проведення регулятора і конденсатора від клеми «30» генератора, відверніть гвинти кріплення регулятора 1 (див. рис. Деталі генератора) напруги і зніміть його.

6. У генераторів випуску до 1996 р., щоб не зламати щітки при знятті щіткотримача, вставте лезо викрутки між корпусом регулятора 2 і щіткотримачем і частково висуньте регулятор з генератора, залишивши на місці щіткотримач. Після цього нахиліть і витягніть регулятор спільно із щіткотримачем з генератора. Зніміть конденсатор 20, відвернувши гвинт кріплення.

7. Відверніть гайки стяжних болтів 14 і зніміть кришку 11 генератора і ротор 8.8.

8. Відверніть гайки болтів, що з'єднують наконечники вентилів з виводами обмотки статора і витягніть статор 7 із кришки 17 генератора.

9. Відверніть гайку контактного болта 6, від'єднаєте від колодки 3 штекер проведення додаткових діодів і зніміть випрямний блок 5.

Складання генератора.

Збирається генератор у послідовності, зворотному розбиранні. При складанні генератора випуску до 1996 р. (з розбірним вузлом регулятор-щіткотримач) щоб уникнути поломки щіток, перед установленням регулятора із щіткотримачем на місце необхідно не вставляти повністю щіткотримач у регулятор, а лише частково засунути і у такому виді вставити в генератор. Після установки щіткотримача на місце в кришці генератора, легеням натисканням на регулятор всуньте його в генератор. Неспіввісність отворів у лабетах кришок генератора повинна бути не більш 0,4 мм. Тому при складанні необхідно вставляти в ці отвори спеціальний калібр. Конічна пружинна шайба шківів опуклою стороною повинна стикатися з гайкою. Гайку шківів затягуйте моментом 38,4-88 Н·м (3,9-9,0 кгс·м)[20].

Заміна щіткотримача.

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Якщо щітки зносилися і виступають із щіткотримача менше, чим на 5 мм, то замініте щіткотримач із щітками. У генератора випуску до 1996 р. для заміни висуньте щіткотримач із корпусу регулятора напруги, нажавши на вивід «В». Щоб не ушкодити щітки, знімати і установлювати регулятор напруги із щіткотримачем необхідно як описано в підрозділі 7.3.4.1 і в підрозділі 7.3.4.2. У генераторів випуску з 1996 р. з нерозбірним вузлом регулятор-щіткотримач заміняється щіткотримач у зборі з регулятором напруги. Перед установкою регулятора напруги з новим щіткотримачем на місце продуйте гніздо в генераторі від вугільного пилу і протріть від масла, змішаного з вугільним пилом[23].

Заміна додаткових діодів.

Для заміни відпаяйте виводи ушкодженого діода і акуратно витягніть його із пластмасового тримача, не допускаючи різких ударів по випрямному блоку. Потім очистите місце установки діода від залишків епоксидної смоли, установіть і припаяйте новий діод. Вивід діода з кольоровою міткою припаюйте до виводів вентилів. Після припаювання приклейте корпус діода до тримача епоксидною смолою.

Заміна підшипників ротора.

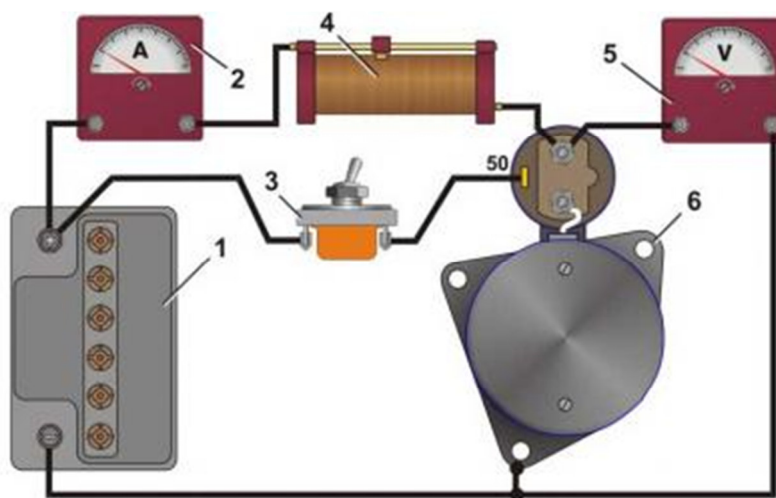
Щоб витягти несправний підшипник із кришки з боку привода, відверніть гайки гвинтів, що стягають шайби кріплення підшипника, зніміть шайби із гвинтами і на ручному пресі випресуйте підшипник. Якщо гайки гвинтів не відвертаються (кінці гвинтів розкернені), то спиляєте кінці гвинтів. Установлювати новий підшипник у кришку генератора можна тільки в тому випадку, якщо отвір для підшипника не деформоване і діаметр його не більш 42 мм. Якщо отвір має більший діаметр або деформоване, замініте кришку нової. Підшипник у кришку запресовується на пресі і потім затискається між двома шайбами, стягнутими гвинтами з гайками. Після затягування гайок кінці гвинтів розкерніть. При заміні підшипника ротора з боку контактних кілець необхідно одночасно замінити і кришку, тому що

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

якщо підшипник ушкоджений, то ушкоджується і гніздо в кришці. Підшипник знімається з ротора знімачем і запресовується на пресі[21].

## 2.2 Діагностика, технічне обслуговування і ремонт стартера легкового автомобіля

Перевірка стартера на стенді (рис.2.7). Якщо є сумніву в ефективності роботи стартера, необхідно перевірити його на стенді.



1 – акумуляторна батарея; 2 – амперметр із шунтом на 1000 А; 3 – вимикач; 4 – реостат на 800 А; 5 – вольтметр із межею шкали не менш 15 В; 6 – стартер

Рисунок 2.7 - Схема з'єднань для перевірки стартера на стенді

Приєднувальні проводи до джерела струму, амперметру і контактному болту тягового реле стартера повинні мати перетин не менш 16 мм<sup>2</sup>. Температура стартера при перевірках повинна бути  $(25 \pm 5)^\circ \text{C}$ , а щітки – добре притерті до колектора[23].

Перевірка працездатності. Порядок виконання:

1. Замикаючи вимикач 3, при напрузі джерела струму 12 В три рази включіть стартер з різними умовами гальмування. Наприклад, при гальмових моментах 2; 6 і 10 Н·м (0,2; 0,6 і 1 кгс·м). Тривалість кожного включення

					<i>MPMA 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

стартера повинна бути не більше ніж 5 с, а проміжки між включеннями не менше ніж 5 с.

2. Якщо стартер не обертає зубчастий вінець стенду або його робота супроводжується ненормальним шумом, розберіть стартер і перевірте його деталі.

Випробування в режимі повного гальмування. Порядок виконання[19]:

1. Загальмуєте зубчастий вінець стенда, включіть стартер і замірте струм, напругу і гальмовий момент, які повинні бути відповідно не більш 550 А, не більш 7,5 В і не менш 13,7 Н·м (1,4 кгс·м). Тривалість увімкнення стартера повинна бути не більше 5 с.

2. Якщо гальмівний момент нижче, а сила струму вище зазначених величин, то причиною цього може бути міжвиткове замикання в обмотці статора і якоря або замикання обмоток на масу.

3. Якщо гальмівний момент і споживана сила струму нижче зазначених вище величин, то причиною може бути окиснення і забруднення колектора, сильне зношування щіток або зниження пружності їх пружин, зависання щіток у щіткотримачах, ослаблення кріплення виводів обмотки статора, окиснення або підгоряння контактних болтів тягового реле.

4. При повному гальмуванні якір стартера не повинен провертатися; якщо це відбувається, то несправна муфта вільного ходу.

5. Для усунення несправностей розберіть стартер і замініте або відремонтуйте ушкоджені деталі.

Випробування на режимі холостого ходу. Порядок виконання[20]:

1. Виведіть зубчастий вінець стенда із зачеплення із шестірнею стартера. Включіть стартер і замірте споживаний ім струм і частоту обертання якоря стартера, які повинні бути відповідно не більш 60 А і (5000±1000) об при напрузі на клеммах стартера 11,5–12 В.

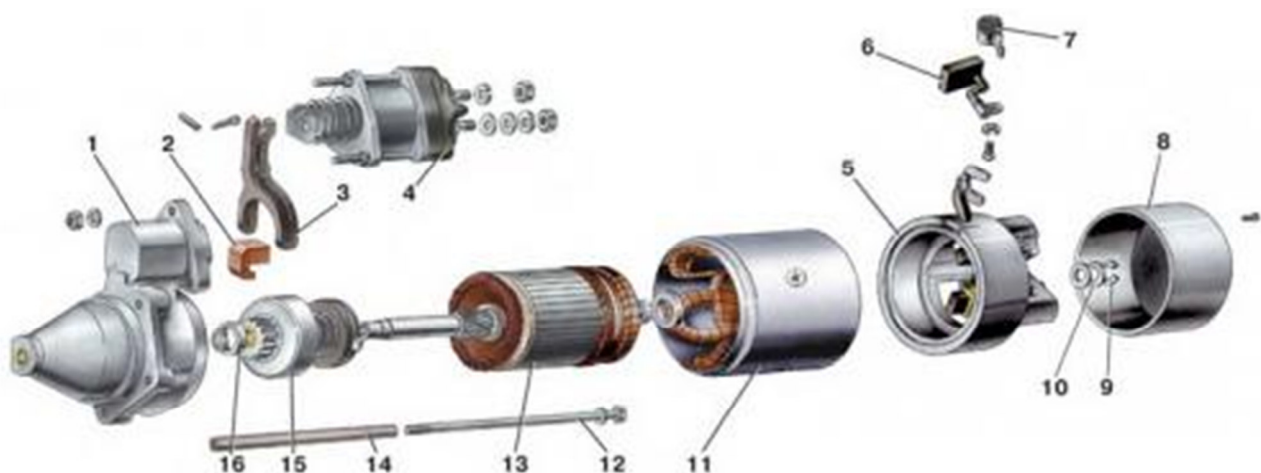
					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

2. Якщо сила струму і частота обертання вала якоря відрізняються від зазначених значень, то причини можуть бути ті ж, що й у попередньому випробуванні.

Перевірка тягового реле. Установіть між обмежувальним кільцем 21 (див. рис. Стартер 35.3708) і шестернею прокладку товщиною 12,8 мм і включіть реле. Напруга включення реле при упорі шестерні в прокладку повинне бути не більш 9 В при температурі навколишнього середовища  $(20 \pm 5)^\circ \text{C}$ . Якщо напруга більше, то це вказує на несправність реле або привода[21].

Реле включення стартера. Напруга включення реле повинне бути не більш 8 В при температурі  $(23 \pm 5)^\circ \text{C}$ . Якщо напруга більше, те це вказує на несправність реле або привода.

Ремонт стартера та розбирання стартера (рис. 2.8).



1 – кришка стартера з боку привода із проміжним кільцем; 2 – гумова заглушка; 3 – важіль привода; 4 – тягове реле; 5 – кришка з боку колектора; 6 – щітка; 7 – пружина щітки; 8 – захисний кожух; 9 – стопорна шайба; 10 – регульовальна шайба; 11 – корпус; 12 – стяжний болт; 13 – якір; 14 – ізолююча трубка; 15 – обгінна муфта із шестернею привода; 16 – обмежувальне кільце

Рисунок 2.8 - Ремонт і розбирання стартера

## Розбирання стартера.

1. Відверніть гайку на нижньому контактному болту тягового реле і від'єднаєте від нього вивід обмоток статора. Відверніть гайки кріплення тягового реле і зніміть його. Вийміть заглушку 2 з передньої кришки.

2. Відверніть гвинти і зніміть захисний кожух 8. Зніміть стопорну шайбу 9, виверніть стяжні болти 12 і від'єднаєте корпус 11 із кришкою 5 від кришки 1 з якорем 13.

3. Відверніть гвинти кріплення до щіткотримачів виводів обмотки статора і від'єднаєте корпус від кришки з боку колектора. Зніміть пружини 7 і щітки 6.

4. Розшифруйте і вийміть із кришки важіль і якір із приводом, а потім від'єднаєте важіль від привода.

5. Щоб зняти з якоря привод, вилучите стопорне кільце з-під обмежувального кільця 16. Привод розбирається після зняття з маточини муфти стопорної шайби.

6. Для розбирання тягового реле відверніть гайки стяжних болтів і відпаяйте виводи обмоток від штекера «50» і від наконечника, закріпленого на нижньому контактному болту тягового реле.

7. Після розбирання продуйте деталі стисненим повітрям і протріть.

Перевірка технічного стану деталей редуктора.

Якір. Порядок виконання:

1. Перевірте мегомметром або за допомогою лампи, що живиться напругою 220 В, чи немає замикання обмотки якоря на масу. Напруга через лампу підводить до пластин колектора і до сердечника якоря. Горіння лампи вказує на замикання пластин колектора з масою. При перевірці мегомметр повинен показувати опір не менш 10 кОм. Якір, що має замикання з масою, замініть[22].

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

2. Спеціальним приладом перевірте, чи немає замикань між секціями обмотки якоря і пластинами колектора, а також чи немає обривів у місці припаювання виводів секцій обмотки до пластин колектора.

3. Огляньте робочу поверхню колектора. Якщо вона забруднена або пригоріла, то зачистіть її дрібнозернистою шліфувальною шкуркою.

4. Перевірте биття сердечника щодо цапф вала. Якщо воно більше 0,08 мм – замініте якір.

5. Перевірте стан поверхонь шліців і цапф вала якоря. На них не повинне бути задиров, забоин і зношування. Якщо на поверхні вала з'явилися сліди жовтого кольору від втулки шестірні, вилучите їхньою дрібнозернистою шліфувальною шкуркою, тому що вони можуть стати причиною заїдання шестерні на валу.

Привод. Порядок виконання:

1. Привод стартера повинен вільно, без помітних заїдань переміщатися на валу якоря. Шестерня повинна провертатися щодо вала якоря в напрямку обертання якоря під дією моменту не більш 0,27 Н·м (2,8 кгс·см). У зворотному напрямку шестерня прокручуватися не повинна. Якщо на західній частині зубців шестерні є вибоїни, то підшліфуйте їх дрібнозернистим наждачним колом малого діаметра[18].

2. Якщо деталі приводу пошкоджені або значно зношені, замініть привод новим.

Статор. Порядок виконання:

Перевірте мегомметром або за допомогою лампи, що живиться напругою 220 В, чи немає замикання обмотки статора на масу. Напруга через лампу підводить до загального виводу обмотки і до корпусу стартера. Якщо лампа горить або мегомметр показує опір менше 10 кОм, а також якщо обмотки мають сліди перегріву (почорніння ізоляції), замініте корпус із обмотками[20].

Кришки. Порядок виконання:

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

1. Перевірте, немає чи на кришках тріщин. Якщо вони є – замініть кришки новими. Перевірте стан втулок кришок. Якщо вони зношені, то замініть кришки в зборі або тільки втулки. Нові втулки після запресовування розгорніть до  $12,015+0,03$  мм.

2. Перевірте надійність кріплення щіткотримачів на кришці з боку колектора. Щіткотримачі позитивних щіток не повинні мати замикання з масою. Щітки повинні вільно переміщатися в пазах щіткотримачів. Щітки, зношені по висоті до 12 мм, замініть новими, попередньо притерши їх до колектора.

3. Перевірте динамометром зусилля пружин на щітках, яке для нових щіток повинне становити  $9,8\pm 0,98$  Н ( $1\pm 0,1$  кгс) і, при необхідності, замініть пружини новими.

Тягове реле. Порядок виконання[23]:

1. Перевірте легкість переміщення якоря реле. Перевірте омметром чи замикаються контактні болти реле контактною пластиною.

2. Якщо контактні болти не замикаються, то розберіть реле і зачистіть контактні болти і пластину дрібнозернистою шкуркою або плоским оксамитовим напилком.

3. При значному ушкодженні контактних болтів у місці зіткнення з контактною пластиною можна повернути болти на  $180^\circ$ .

Складання стартера. Складання стартера проводиться в порядку, зворотному розбиранні. Перед складанням змажте моторним маслом гвинтові шліци вала якоря і маточини обгінної муфти, шестерню і втулки кришок. Повідкове кільце привода змажте консистентним змащенням Літол-24. На стяжний болт, що проходить під шиною послідовних котушок статора, надягніть ізолюючу пластмасову трубку. Добором товщини регулювальної шайби 10 (забезпечте осьовий вільний хід якоря не більш 0,5 мм. Після складання перевірте стартер на стенді.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

## Висновки до другого розділу

Було розглянуто технологія діагностики, технічного обслуговування та ремонту генератора змінного струму і реле регулятора, а саме їх перевірка на стенді.

Приведено схеми з'єднань для перевірки генератора, стартера та регулятора напруги.

Розписано алгоритм дій та порядок виконання при діагностиці, а також необхідні значення для виставлення на стенді з діагностики.

Діагностика справного генератора показала, що при 13 В, частоті обертання близько 5000 об і роботі не менше 10 хв, струм віддачі повинен бути не менше 55 А. Якщо заміряна величина струму, що віддається, менше, то це говорить про несправності в обмотках статора і ротора або про ушкодження вентилів.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 РОЗРАХУНКИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

### 3.1 Методи розрахунку електродвигуна

В індуктивних електричних машинах енергія магнітного поля концентрується переважно в повітряному зазорі і зубцевій зоні, тому вибір об'єму повітряного зазору і розрахунки зубцевої зони при синтезі-проекуванні електричних машин мають основне значення.

Питома щільність енергії в повітряному зазорі може бути визначена як відношення активної потужності машини  $P$  до обсягу повітряного зазору  $V_{\delta}$ .

Розрахункові методи розвивалися і удосконалювалися разом з розвитком теорії електричних машин. В основі більшості з них лежить вибір машинної постійної, яка визначається із припустимих електромагнітних навантажень.

Проектування електричних машин починають із вибору електромагнітних навантажень – індукції в повітряному зазорі  $B_{\delta}$  і лінійного навантаження  $A$ , А/м, обумовленої струмом усіх витків обмотки на одиницю довжини окружності статора.

Чим вище електромагнітні навантаження, тим менші габарити, а отже, і вартість машини, яка визначається в основному масою активних матеріалів – стали і міді. Однак з ростом електромагнітних навантажень ростуть втрати, знижується ККД, тому існують оптимальні співвідношення між  $A$ ,  $B_{\delta}$  і розмірами машини.

### 3.2 Розрахунки основних розмірів машини

Вихідні дані:

ККД електродвигуна.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

$$\eta = 0,64$$

Напруга живлення, В.

$$U=220$$

Прийняті в розрахунках коефіцієнти отримані за експериментальним даними.

$$P_2=7 \text{ кВт}$$

Струм якоря, А.

$$I_a = \frac{P_2}{U \cdot \eta} \quad (3.1)$$

$$I_a=50$$

ЕРС якоря (орієнтовно), В

$K_e = 0,7$  (коефіцієнт, що враховує спадання напруги в схемі якоря і у щітках.)

$$E' = K_e \cdot U \quad (3.2)$$

$$E'=154$$

Розрахункова (електромагнітна) потужність електродвигуна, кВт.

$$P_e' = E' \cdot I_a \quad (3.3)$$

$$P_e'=7,7$$

Машинна постійна:

$$\alpha = 0,8$$

Коефіцієнт полюсного перекриття

$$A^\xi = 72 \text{ А/см}$$

Корисна індукція в повітряному зазорі

$$B_\delta=0,6 \text{ Тл}$$

Частота обертання

$$n= 3000 \text{ про/хв}$$

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт для розрахунків головних розмірів

$$C = \frac{6 \cdot 10^4}{\alpha \cdot B_{\delta} \cdot A_{\xi}} \quad (3.4)$$

$$C = 1736$$

Діаметр якоря, см

Коефіцієнт пропорційності довжини якоря і його діаметра (0,4 -1,6)

$$\xi = l_a / D_a \quad (3.5)$$

$$\xi = 1,6$$

$$D_a = \left( \frac{c \cdot Pe}{\xi \cdot n} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (3.6)$$

$$D_a = 27,84$$

Для виготовлення заліза якоря будемо використовувати сталеву стрічку 08 2-0-0, 7-0,05x50 ГОСТ 503-71.

Довжина пакета якоря, см.

$$l_a = \xi \cdot D_a \quad (3.7)$$

$$l_a = 44,54$$

Повітряний зазор:

$$\delta = 0,005$$

Внутрішня поверхня магніту обробляється шліфуванням.

Число пар полюсів:

$$p = 1$$

$$2 \cdot p = 2$$

Полюсний поділ, см

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_a}{2 \cdot p} \quad (3.8)$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = 11,78$$

Дуга магніту, см

$$b_a = \alpha \cdot \tau \quad (3.9)$$

$$b_a = 2,58$$

Внутрішній діаметр магніту, см.

$$D_{1m} = D_a + 2 \cdot \delta \quad (3.10)$$

$$D_{1m} = 28,07$$

Зовнішній діаметр магніту, см

товщина магніту  $a = 0,6$

$$D_{2m} = D_a + 2 \cdot a \quad (3.11)$$

$$D_{2m} = 29,26$$

Осьова довжина магніту, см

$$l_m = l_a + 0,45 \quad (3.12)$$

$$l_m = 44,99$$

Число зубців якоря:

$$Z_{a'} = 2 \cdot D_a \quad (3.13)$$

$$Z_{a'} = 55,68$$

Приймаємо число зубців якоря рівним:

$$Z_a = 66$$

Число колекторних пластин

$$k = Z_a$$

$$k = 66$$

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Корисна площа повітряного зазору, см

$$l_{cp\delta} = \frac{l_a + l_m}{2} \quad (3.14)$$

$$l_{cp\delta} = 44,76$$

$$S_{\delta} = \frac{\pi \cdot (D_{1m} + D_a)}{2} \cdot \alpha \cdot l_{cp\delta} \quad (3.15)$$

$$S_{\delta} = 182,2 \text{ см}^2$$

Корисна площа магніту, см<sup>2</sup>

$$S_m = \frac{\pi \cdot D_{1m}}{2} \cdot \alpha \cdot l_m \quad (3.16)$$

$$S_m = 155,1$$

Корисний потік, Вб

$$\Phi'_{\delta} = B_{\delta} \cdot S_{\delta} \quad (3.17)$$

$$\Phi'_{\delta} = 9.95 \cdot 10^{-3}$$

Число провідників обмотки якоря (попередньо) :

$$N' = \frac{60 \cdot I \cdot E' \cdot 10^4}{p \cdot n \cdot \Phi'_{\delta}} \quad (3.18)$$

$$N' = 172,87$$

Приймаємо N'=170

Кроки обмотки якоря по пазах і по колектору (вибираємо просту петлеву обмотку):

$$E=0$$

$$y_1 = \frac{k}{2 \cdot p} + E \quad (3.19)$$

$$y=1$$

$$y_1=5$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

$$y_2 = y_1 - 1 \quad (3.20)$$

$$y_k = 1$$

$$y_2 = 4$$

Число провідників у пазу:

$$N'_z = \frac{N'}{Z_a} \quad (3.21)$$

$$N'_z = 17$$

Щільність струму в обмотці якоря, А/мм<sup>2</sup>

$$j_a = 4,09$$

Перетин обмотки якоря, мм<sup>2</sup>

$$q = \frac{I_a}{2 \cdot j_a} \quad (3.22)$$

$$q = 0,31$$

Вибираємо перетин і діаметр провідників обмотки якоря за ГОСТ 2773-81, 6324-52

$$q_1 = 0,312$$

$$d_1 = 0,63$$

$$d_{1uz} = 0,69$$

Площа паза зайнята провідниками, см<sup>2</sup>

$$S'_{np} = \frac{N'_z \cdot \pi \cdot d_{1uz}^2}{4} \quad (3.23)$$

$$S'_{np} = 6,36$$

Коефіцієнт заповнення паза по міді:

$$K'_3 = 0,29$$

Площа паза, см<sup>2</sup>

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S'_{паза} = \frac{S'_{np}}{K'_3} \quad (3.24)$$

$$S'_{паза} = 21,92$$

Розміри паза:

Для електродвигунів потужністю до 100 Вт використовується паз грушоподібної форми.

Ширина прорізу паза, см

$$b_n = 0,1$$

Висота прорізу, см.

$$a_n = 0,05$$

Зубцевий поділ, см

$$t_{2'} = \frac{\pi \cdot D_a}{Z_a} \quad (3.25)$$

$$t_{2'} = 0,65$$

Приймаємо:

$$t_2 = 0,7$$

Мінімальний перетин зубця:

$K_{ст} = 0,75$  – коефіцієнт заповнення пакета якоря

$B_{zmax} = 1,25$  Тл

$$Z_2 = \frac{B_\delta \cdot t_2}{B_{zmax} \cdot K_{ст}} \quad (3.26)$$

$$Z_2 = 0,45$$

$$Z_{min} = Z_2$$

Висота паза, см

висота паза з технічних міркувань

$$h_n = 0,42 \cdot D_a \quad (3.27)$$

$$h_n = 0,86$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр заліза якоря у верхньому перетині паза, см.

$$D_{a'} = D_a - 2 \cdot a_n \quad (3.28)$$

$$D_a = 1,96$$

Діаметр заліза якоря в середньому перетині паза, см

$$D_{аср} = D_a - 2 \cdot a_n - h_n \quad (3.29)$$

$$D_{аср} = 1,09$$

-Діаметр заліза якоря в нижньому перетині паза, см

$$D_3 = D_a - 2 \cdot a_n - 2h_n \quad (3.30)$$

$$D_3 = 0,23$$

Розміри зубця по перетинах, см

$$z_1 = t_2 - b_n \quad (3.31)$$

$$z_1 = 0,6$$

$$z_2 = Z_2$$

$$z_2 = 0,45$$

$$z_3 = \frac{\pi \cdot D_3}{8} \quad (3.32)$$

$$z_3 = 0,09$$

Діаметр колектора, см

$$D_k = 0,5 \cdot D_a \quad (3.33)$$

$$D_k = 1,03$$

Приймаємо діаметр колектора, см

$$D_k = 1,0$$

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Колекторний поділ, см

$$t_k = \frac{\pi \cdot D_k}{k} \quad (3.34)$$

$$t_k = 0,31$$

Ширина міжламельної ізоляції, см

$$\beta_{uz} = 0,05$$

Ширина колекторної пластини, см

$$\beta_k = t_k - \beta_{uz} \quad (3.35)$$

$$\beta_k = 0,26$$

Ширина щітки, см

$$\beta_{щ} = 1,5 \cdot \beta_k \quad (3.36)$$

Вибираємо з таблиці П-34 додатка IV [1] електрощітки металографітові марки МГ64 з наступними розмірами

Довжина щітки, см

$$a_{щ} = 1$$

Ширина щітки, см

$$\beta_{щ} = 0,4$$

Висота щітки, см

$$h_{щ} = 0,5$$

Площа щітки, см<sup>2</sup>

$$S_{щ} = a_{щ} \cdot \beta_{щ} \quad (3.37)$$

$$S_{щ} = 0,4$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Щільність струму під щітками, А/ см<sup>2</sup>

$$J_{щ} = \frac{I_a}{S_{щ} \cdot p} \quad (3.38)$$

$$J_{щ} = 6,37$$

Допускається для вибраної марки щіток щільність струму до 25 А/см<sup>2</sup>

Довжина колектора, см

$$l_k = 1,5 \cdot a_{щ} \quad (3.39)$$

$$l_k = 1,5$$

Розміри корпусу електродвигуна:

Площа перерізу корпусу електродвигуна, см<sup>2</sup>

$$B_{k \max} = 1,25 \text{ ТЛ}$$

$$S_{кор} = \frac{\Phi'_\delta}{2 \cdot B_{k \max}} \quad (3.40)$$

$$S_{кор} = 4,37$$

Довжина корпусу електродвигуна, см

$m=4$  см, розмір обираний з конструкторських і технологічних міркувань, що й включає в себе виліт лобових частин якоря, місце під підшипниками, відстань від якоря до колектора, обумовлене типом намотування [2].

$$l_{кор} = l_a + l_k + m \quad (3.41)$$

$$l_{кор} = 8,8$$

Товщина корпусу електродвигуна, см

$$b_{кор} = \frac{S_{кор}}{l_{кор}} \quad (3.24)$$

$$b_{кор} = 0,5$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Розрахунки схеми електродвигуна і характеристики холостого ходу

Метою даного розрахунку є визначення робочої точки в зібраній системі і визначення корисного потоку, що віддається магнітом у ланцюг. Розрахунки ведуться за схемою заміщення.

При розрахунках схеми заміщення задаємося значенням індукції в повітряному зазорі, виражаючи через неї індукції в різних ділянках магнітного ланцюга.

Схема заміщення для розрахунків характеристики холостого ходу представлено на рисунку 3.1.

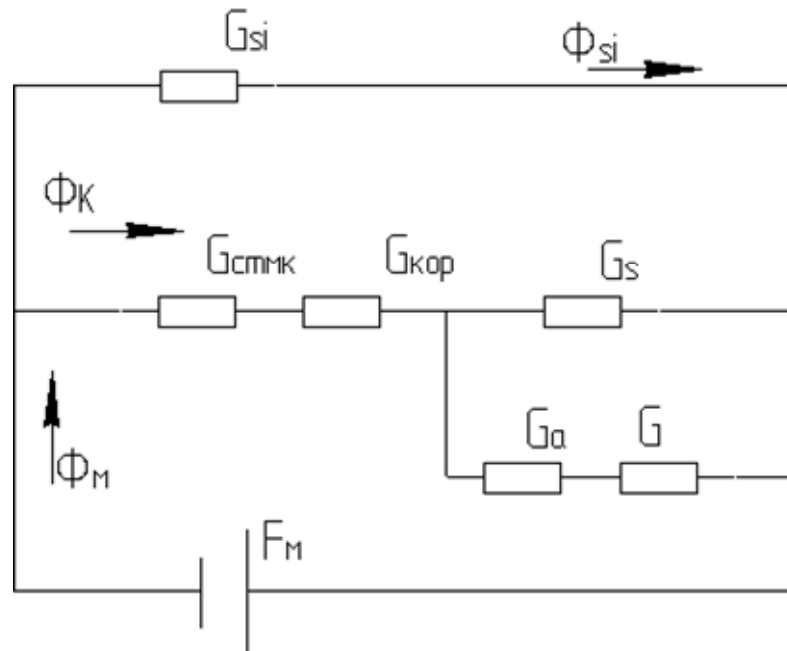


Рисунок 3.1 – Схема заміщення характеристики холостого ходу

Індукції в зубцях якоря по перетинах, Тл

$$k_1 = \frac{t_2}{K_{cm} \cdot z_1} \quad (3.25)$$

$$k_1 = 1,56 \text{ см}$$

					MPMA 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

$$k_2 = \frac{t_2}{k_{cm} \cdot z_2} \quad (3.26)$$

$$k_2 = 2,08 \text{ см}$$

$$k_3 = \frac{t_2}{k_{cm} \cdot z_3} \quad (3.27)$$

$$k_3 = 10,37 \text{ см}$$

$$B_{z_1} = k_1 \cdot B_\delta \quad (3.28)$$

$$B_{z_1} = 0,93$$

$$B_{z_2} = k_2 \cdot B_\delta \quad (3.29)$$

$$B_{z_2} = 1,25$$

$$B_{z_3} = k_3 \cdot B_\delta \quad (3.30)$$

$$B_{z_3} = 6,22$$

Довжини магнітних силових ліній у зубцю по ділянках, см

$$L_1 = D_a - D_{a'}, \quad (3.31)$$

$$L_1 = 0,1$$

$$L_2 = D_{a'} - D_{acp} \quad (3.32)$$

$$L_2 = 0,86$$

$$L_3 = D_{acp} - D_3 \quad (3.33)$$

$$L_3 = 0,86$$

Робочий потік у повітряному зазорі, Вб

$$k_4 = S_\delta \cdot 10^{-4} \quad (3.34)$$

$$\Phi_\delta = k_4 \cdot B_\delta \quad (3.35)$$

$$\Phi_\delta = 1,09 \times 10^{-3}$$

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індукція в тілі якоря, Вб

$$h_a = \frac{D_a - 2 \cdot h_n}{2} \quad (3.36)$$

$$k_5 = \frac{k_4}{2 \cdot k_{cm} \cdot h_a \cdot l_a \cdot 10^{-4}} \quad (3.37)$$

$$B_a = B_\delta \cdot k_5 \quad (3.38)$$

$$B_a = 13,46$$

Довжина магнітної силової лінії в тілі якоря, см

$$l_{аср} = \frac{\pi \cdot D_3}{4} \quad (3.39)$$

$$l_{аср} = 0,18$$

Індукція в корпусі в електродвигуна, Вб

$$\Phi_{кор} = S_{кор} \cdot B_\delta \cdot 10^{-4} \quad (3.40)$$

$$\Phi_{кор} = 2,62 \times 10^{-4} \text{ А/см}$$

$$k_6 = \frac{1}{2 \cdot S_{кор} \cdot 10^{-4}} \quad (3.41)$$

$$B_{кор} = \Phi_{кор} \cdot k_6 \quad (3.42)$$

$$B_{кор} = 0,3$$

Довжина магнітної силової лінії в корпусі, см.

$$D_{сркор} = D_{2m} + b_{кор} \quad (3.43)$$

$$D_{сркор} = 3,75$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

$$l_{кор} = \frac{\pi \cdot D_{срскор}}{2} \quad (3.44)$$

$$l_{кор} = 5,9$$

Площа стику магніт-корпус, см<sup>2</sup>

$$S_{см} = \frac{\pi \cdot D_{2m}}{2} \cdot l_m \cdot \alpha \quad (3.45)$$

$$S_{см} = 15,31$$

Сила, що намагнічує, необхідна для проведення корисного потоку через стик магніт- корпус, А

$$B_{см} = 1,86$$

$$\delta_{см} = 0,005$$

$$k_7 = 1,6 \cdot \delta_{см} \cdot 10^4 \quad (3.46)$$

$$F_{стмк} = k_7 \cdot B_{см} \quad (3.47)$$

$$F_{стмк} = 148,8$$

Коефіцієнт повітряного зазору (Коефіцієнт Картера)

$$k_\delta = \frac{t_2 + 10 \cdot \delta}{z_1 + 10 \cdot \delta} \quad (3.48)$$

$$k_\delta = 1,15$$

Сила, що намагнічується, необхідна для проведення магнітного потоку через повітряний зазор, А

$$k_8 = 1,6 \cdot k_\delta \cdot \delta \cdot 10^4 \quad (3.49)$$

$$F_\delta = k_8 \cdot B_\delta \quad (3.50)$$

$$F_\delta = 55,38$$

					<b>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки таблиці для побудови характеристики холостого ходу.

За отриманими значенням індукції приймаємо значення напруженості, визначені по кривих намагнічування.

$$i = 1..5$$

$$B_{\delta} = B_{\delta} \cdot c_i \quad (3.51)$$

$$B_{z_1} = k_1 \cdot B_{\delta} \quad (3.52)$$

$$B_{z_2} = k_2 \cdot B_{\delta} \quad (3.53)$$

$$B_{z_3} = k_3 \cdot B_{\delta} \quad (3.54)$$

$$\Phi_{\delta i} = B_{\delta} \cdot S_{\delta} \cdot 10^{-4} \quad (3.55)$$

$$\Phi_{1\delta i} = \Phi_{\delta i} \quad (3.56)$$

Таблиця 3.1. Визначення індукції і напруженості

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$c_i$	0,2	0,85	1	1,15	1,25
$B_{z_1}$	0,19	0,79	0,93	1,07	1,17
$B_{z_2}$	0,25	1,06	1,25	1,44	1,56
$B_{z_3}$	1,24	5,29	6,22	7,16	7,78

Таблиця 3.2. Визначення напруженості, що й намагнічує сили

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5

$H_{z_1}$	0,6	0,81	1,01	1,33	1,51
$H_{z_2}$	1,23	3,36	10,3	13,8	52,8
$H_{z_3}$	1,1	3,24	5,69	11,8	25,8
$F_{z_1}$	0,06	0,08	0,1	0,13	0,15
$F_{z_2}$	1,06	2,9	8,9	11,92	45,62
$F_{z_3}$	0,95	2,8	4,92	10,19	22,29

$F_{zs_i} = F_{z_1i} + F_{z_2i} + F_{z_3i}$  - сумарна сила, що намагнічує, необхідна для проведення потоку по зубцю/

$B_a = k_s \cdot B\delta_i$  - індукція в тілі якоря

Таблиця 3.3. Визначення сили, що намагнічує, по зубцю і індукції

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{zs_i}$	2,07	5,78	13,92	22,25	68,06
$B_{a_3}$	2,69	11,44	13,46	15,48	16,82

Таблиця 3.4. Визначення напруженості, що й намагнічує сили в тілі якоря

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$H_{a_i}$	1,49	3,64	5,54	12,1	27
$F_{a_3}$	4,9	11,98	18,23	39,82	88,86

Таблиця 3.5. Визначення сили, що намагнічує, необхідної для проведення потоку по тілу якоря

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{як_i}$	6,98	17,76	32,15	62,07	156,92

$$F_{якi} = F_{zsi} + F_{ai} \quad (3.57)$$

Таблиця 3.6. Визначення сили, що намагнічує, необхідної для проведення потоку по якорю

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{ак_i}$	9,05	23,55	46,06	84,32	224,97

$$F_{акi} = F_{zsi} + F_{якi} \quad (3.58)$$

Таблиця 3.7. Визначення сили, що намагнічує, необхідної для проведення потоку по повітряному зазору

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{\delta_i}$	9,05	23,55	46,06	84,32	224,97

$$F_{\delta i} = k_g \cdot B_{\delta i} \quad (3.59)$$

Таблиця 3.8. Визначення сили, що намагнічує, необхідної для проведення потоку по якорю і зазору

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{a\delta_i}$	20,13	70,62	101,45	148,01	294,2

$$F_{a\delta i} = F_{\delta i} + F_{акi} \quad (3.60)$$

Таблиця 3.9. Визначення провідності корпусу

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$G_{a\delta i}$	$3,34 \times 10^{-6}$	$8,93 \times 10^{-6}$	$6,88 \times 10^{-6}$	$5,45 \times 10^{-6}$	$2,76 \times 10^{-6}$

$$G_{s\delta} = 1,8168 \cdot 10^{-6}$$

$$G_{a\delta i} = \frac{\Phi_{\delta i}}{F_{a\delta i}} \quad (3.61)$$

$$G_{asi} = G_{a\delta i} + G_{s\delta} \quad (3.62)$$

Таблиця 3.10. Визначення потоку в корпусі електродвигуна

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$\Phi_{корлі}$	$1,66 \times 10^{-4}$	$6,76 \times 10^{-4}$	$8,49 \times 10^{-4}$	$1,04 \times 10^{-3}$	$1,48 \times 10^{-3}$
$B_{корлі}$	0,30	1,22	1,53	1,87	2,67

$$B_{корлі} = k_6 \cdot \Phi_{корлі} \quad (3.63)$$

$$\Phi_{корлі} = G_{asi} \cdot F_{a\delta i} \quad (3.64)$$

Таблиця 3.11. Визначення напруженості корпусу

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$H_{корлі}$	1,12	50	115	217	456

Таблиця 3.12. Визначення сили, що намагнічує, необхідної для проведення потоку в корпусі електродвигуна

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{корлі}$	9,85	439,56	1,01x103	1,01x103	1,01x103

$$F_{корлі} = l_{кор} \cdot H_{корлі} \quad (3.65)$$

Індукція в стикові магніт-корпус:

$$B_{cmi} = \frac{\Phi_{корлі}}{S_{cm}} \cdot 10^4 \quad (3.66)$$

Таблиця 3.13. Визначення сили, що намагнічує, необхідна для проведення потоку через стик магніт-корпус

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$B_{cmi}$	0,11	0,44	0,55	0,68	0,97
$F_{cm3}$	8,69	35,33	44,36	54,39	77,69

$$F_{cm} = k_7 \cdot B_{cmi} \quad (3.67)$$

Таблиця 3.14. Визначення сили, що намагнічує, яку повинен забезпечити магніт

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$F_{mi}$	38,66	545,51	1,16x103	2,11x103	4,38x103

$$F_{mi} = F_{аδi} + F_{корі} + F_{cmi} \quad (3.68)$$

Таблиця 3.15. Визначення напруженості поля магніту

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$\Phi_{si}$	$1,08 \times 10^{-4}$	$1,53 \times 10^{-3}$	$3,24 \times 10^{-3}$	$5,91 \times 10^{-3}$	0,01
$H_{mi}$	3,22	45,46	96,4	175,84	365,05

$$H_{mli} = \frac{F_{mi}}{a \cdot 20} \quad (3.69)$$

$G_s = 2,8 \cdot 10^{-6}$  - потік розсіювання

$$\Phi_{si} = G_s \cdot F_{mi} \quad (3.70)$$

Таблиця 3.16. Визначення потоку, що віддається в зовнішню схему

Хар-ка	i=1	i=2	i=3	i=4	i=5
$\Phi_{mi}$	$2,75 \times 10^{-4}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$4,09 \times 10^{-3}$	$6,95 \times 10^{-3}$	0,01
$B_{mi}$	0,28	2,27	4,21	7,15	14,15

### Висновки до третього розділу

Були проведені магнітоелектричний і тепловий розрахунки, а також розраховані робочі характеристики проектованого електродвигуна: зміни напруги, ЕРС і частоти, потужності, момент і ККД.

## ВИСНОВКИ

В результаті роботи над магістерською роботою було проведено огляд та аналіз видів обладнань по діагностиці і ремонту стартерів і генераторів, їх функціональні можливості.

Розглянуто конструктивні особливості стартерів і генераторів вітчизняного та закордонного виробництва, їх схеми з'єднання.

Описано основні характерні несправності генераторних установок та статорів, методи їх виявлення і усунення. Що в свою чергу вимагає спеціальної апаратури з перевірки, випробовування та діагностики стартерів і генераторів.

Було розглянуто технологія діагностики, технічного обслуговування та ремонту генератора змінного струму і реле регулятора, а саме їх перевірка на стенді.

Приведено схеми з'єднань для перевірки генератора, стартера та регулятора напруги.

Розписано алгоритм дій та порядок виконання при діагностиці, а також необхідні значення для виставлення на стенді з діагностики.

Діагностика справного генератора показала, що при 13 В, частоті обертання близько 5000 об і роботі не менше 10 хв, струм віддачі повинен бути не менше 55 А. Якщо заміряна величина струму, що віддається, менше, то це говорить про несправності в обмотках статора і ротора або про ушкодження вентилів.

Були проведені магнітоелектричний і тепловий розрахунки, а також розраховані робочі характеристики проєктованого електродвигуна: зміни напруги, ЕРС і частоти, потужності, момент і ККД.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Ермолин Н.П. Расчет машин малой мощности / Н.П. Ермолин, И.П. Копылов, Ф.А. Горинов. – Л.: Энергия, 1973 г. – 220 с.
2. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин / О.Д. Гольдберг. – М.: Высшая школа, 1984 г. – 426 с.
3. Завалишин С.И. Электрические машины малой мощности / С.И. Завалишин [и др.] – М.: Высшая школа, 1964 г. – 286 с.
4. Балагуров В.А. Электрические машины с постоянными магнитами / В.А. Балагуров и др. – М.: Энергоатомиздат, 1977 г. – 340 с.
5. Копылов И.П. Проектирование электрических машин: Учебное пособие для вузов / И.П. Копылов. – М.: Энергия, 1980 г. – 518 с.
6. Антонов М.В. Технология производства электрических машин: Учебное пособие для вузов / М.В. Антонов, Л.С. Герасимова. – М.: Энергоатомиздат, 1982 г. – 385 с.
7. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / под ред. Б.А. Князевского. – М.: Энергоатомиздат, 1983 г. – 365 с.
8. Бектобекова Г.В. Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. Г.В. Бектобекова. – Л.: Машиностроение, 1989 г. – 215 с.
9. Белова С.В. Безопасность жизнедеятельности / Белова С.В. – М.: Высшая школа, 1999 г.
10. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов / Ю.П. Чижков, С.В. Акимов. – М.: За рулем, 1999 г. – 386 с.
11. Шульгина О.А. Справочник радиолюбителя. Справочник / под ред. О.А. Шульгина, И.Б. Шульгиной, А.Б. Воробьева. – М.: Лазер-Арт, 1997 г.
12. Ютт В.Е. Электрооборудование автомобилей. Учебник для вузов / В.Е. Ютт. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 г. – 439 с.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Набоких В.А Испытания электрооборудования автомобилей и тракторов: Учебник для студентов высш. учеб. заведений / Набоких В.А. – М.: Академия, 2003 г. – 252 с.

14. ТУ 4538-011-79660254-2008. Зеркала заднего вида наружные для автомобилей.

15. ГОСТ 28751-90 Электрооборудование автомобилей. Электромагнитная совместимость. Кондуктивные помехи по цепям питания. Требования и методы испытания.

16. ГОСТ Р 41.10-99 Едиобразные подписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении электромагнитной совместимости.

17. ГОСТ 28279-89 Совместимость электромагнитная электрооборудовании автомобиля и автомобильной бытовой радиоэлектронной аппаратуры. Нормы и методы измерений

18. ГОСТ 9.308-85 ЕСЗКС. Покрyтия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний.

19. ГОСТ 166-89 Штангенциркули. Технические условия.

20. ГОСТ 577-68 Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.

21. ГОСТ 1583-93 Сплавы алюминиевые литейные .Технические условия.

22. ГОСТ 5072-79 Секундомеры механические. Заменен на ТУ 25-1894-003-90

23. ГОСТ 8711-93 Приборы аналоговые, показывающие электроизмерители прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 2. Особые требования к амперметрам и вольтметрам.

24. ГОСТ 23706-93 Приборы аналоговые, показывающие электроизмерители прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

6 Особые требования к оммометрам (приборам для измерения полного сопротивления) и приборам для измерения активной проводимости.

					<i>МРМА 22.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						92
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ДОДАТКИ

					МРМА 22.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93