

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту генератора і
стартера автомобіля марки Chevrolet Aveo з дослідженням характеристик
генератора

Виконав: студент 6 курсу, групи МАМ-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Андрій ІВАНУСА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Роман
РОГАТИНСЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Олег ЦЬОНЬ
(підпис) (прізвище та ініціали)
«12» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Іванусі Андрію Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу ремонту генератора і стартера автомобіля марки Chevrolet Aveo з дослідженням характеристик генератора

Керівник роботи Рогатинський Роман Михайлович., д.т.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 12 » листопада 2024 року № 4/7-1088

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2024

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний ремонту генератора і стартера автомобіля марки Chevrolet Aveo

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ. 4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Схема генератора – 2А1.

Схема генератора при різних режимах – 1А1.

Схема генератора при заряджанні – 1А1.

Несправності генератора і стартера та способи їх усунення – 1А1.

Результати наукових досліджень – 4А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 12.11.2024р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	20.11.24р	
2	Технологічний розділ	27.11.24р	
3	Конструкторський розділ	04.12.24р	
4	Науково-дослідний розділ	11.12.24р	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	18.12.24р	
6	Оформлення графічної частини	18.12.24р	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	28.12.24р	

Студент _____
(підпис)

Івануса Андрій Ігорович _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Рогатинський Роман Михайлович _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: Удосконалення технологічного процесу ремонту генератора і стартера автомобіля марки Chevrolet Aveo з дослідженням характеристик генератора.

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім.. І. Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н. професор Рогатинський Роман Михайлович.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 70 сторінки формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини сторінок додатків.

Ключові слова: характеристика, діагностика, експлуатація, випробування, технологія.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	7
1.1 Типові несправності генераторних установок та способи їх виявлення....	7
1.2 Типові проблеми стартерів, методи їх діагностика та вирішення.....	12
1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра.....	15
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
2.1 Діагностика, сервісне обслуговування та ремонт генератора змінного току і регулятора напруги.....	16
2.2 Діагностика, сервісне обслуговування та ремонт стартера.....	26
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	33
3.1 Технічна пропозиція.....	33
3.2 Розрахунок ключових компонентів конструкції.....	35
3.3 Інструкція з експлуатації.....	40
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	44
4.1 Формулювання математичної моделі однополярного синхронного генератора для легкових автомобілів	44
4.2 Визначення цільової функції та параметрів для оптимізації.....	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
5.1 Електро- й пожежна безпека.....	61
5.2 Моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	69
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У роботі розглянуто особливості конструкції генератора та стартера автомобіля Chevrolet Aveo, їх технічні характеристики, а також основні проблеми, що виникають під час експлуатації. Проведено аналіз технологічного процесу ремонту зазначених агрегатів з метою виявлення основних недоліків та визначення шляхів їх усунення.

На основі досліджень було запропоновано вдосконалений технологічний процес ремонту генератора та стартера, який включає використання сучасного обладнання, новітніх методик діагностики та ремонту, а також оновлених алгоритмів тестування функціональних характеристик. Особливу увагу приділено дослідженню характеристик генератора, таких як його напруга, струм та ефективність роботи при різних режимах навантаження.

Результати виконаних досліджень показали, що впровадження запропонованих удосконалень дозволяє зменшити витрати часу на ремонт, підвищити надійність агрегатів після обслуговування, а також покращити їх експлуатаційні показники.

Робота складається з аналітичної, дослідницької, технологічної частин, а також розділів з охорони праці та екологічної безпеки. Матеріали дослідження можуть бути використані в сервісних центрах з обслуговування автомобілів, а також для подальших наукових розробок у сфері автомобільного транспорту.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Типові несправності генераторних установок та способи їх виявлення

Генераторна установка вважається працездатною, якщо вона забезпечує стабільний заряд акумуляторної батареї, генерує напругу, яка відповідає потребам живлення електроспоживачів і не перевищує безпечного рівня, а також працює без сторонніх шумів. Сучасні генераторні установки характеризуються високою надійністю, однак часто несправності пов'язані не з самим агрегатом, а з проблемами у проводці автомобіля, такими як розрив контакту, коротке замикання, спрацювання запобіжників або вихід з ладу амперметра.

Недостатньо якісне з'єднання між клемми генератора та регулятора напруги може спричиняти відхилення у вихідній напрузі системи електропостачання. Наприклад, збільшення опору на ділянці між контактами «маса» генератора та регулятора (для автомобілів Chevrolet Aveo цей показник має бути меншим за 0,01 Ом) може призвести до перезаряду акумулятора через зростання напруги генераторної установки. У моделях Chevrolet Aveo, оснащених генератором та регулятором напруги, підвищений опір у ланцюзі між генератором та регулятором напруги викликає миготіння індикатора заряду на панелі приладів під час роботи двигуна на низьких обертах.

Причинами підвищеного опору можуть бути ослаблена пружина утримувача запобіжника в ланцюзі регулятора напруги, поганий контакт у вимикачі запалення або в штекерних з'єднаннях, а також порушення підключення регулятора до «маси» автомобіля.

Для виявлення та усунення таких несправностей необхідно проводити діагностику всіх електричних з'єднань і своєчасно усувати виявлені дефекти, що забезпечить надійну роботу генераторної установки.

Якщо амперметр під час роботи двигуна показує низьку величину струму або ж вказує на нуль, це не завжди свідчить про поломку генераторної системи – причиною може бути повна розрядка акумулятора. В таких умовах важливо

спостерігати за показниками амперметра одразу після старту двигуна. Зниження зарядного струму є підтвердженням нормальної роботи генератора.

Основні несправності генераторних систем та способи їх діагностики викладені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 Несправності генераторних установок та способи їх усунення.

Причина несправності	спосіб її усунення
Окислення контактів акумуляторної батареї	Необхідно провести очищення та змащення контактів
Нефункціонування акумуляторної батареї	Рекомендовано замінити акумуляторну батарею на нову
Несправності електричної проводки між компонентами	Потрібно перевірити всі проводи, затягнути болтові з'єднання та переконатись у надійності штекерних з'єднань
Активація запобіжника в цепі регулятора напруги	Необхідно з'ясувати та усунути причину спрацювання запобіжника та замінити його
Недостатнє натягування приводного ремня	Проведіть коригування натягу приводного ремня
Неполадки генератора	При тимчасовому короткому замиканні контактів "Ш" і "+", що відносяться до регулятора напруги установок генератора, якщо амперметр не фіксує раптовий стрибок зарядного струму, а вольтметр не показує змін напруги, слід демонтувати генератор для подальшого ремонту
Проблеми з регулятором напруги	У випадку, коли під час перевірки, описаної вище, відзначається значне збільшення зарядного струму та напруги, можна стверджувати про дефект регулятора напруги. У такому разі регулятор потребує заміни або ремонту
Виявлення відмови	Необхідно відправити регулятор на ремонт

компонентів транзисторного регулятора напруги	або здійснити його заміну
Проблема з високим падінням напруги у контактних з'єднаннях ланцюга між регулятором напруги та бортовою електричною мережею автомобіля	Ретельно перевірити та при потребі провести очищення, затягування або заміну контактних з'єднань в ігнішн-світчі, у місцях розташування запобіжників, а також у штекерних та гвинтових з'єднаннях цього ланцюга, зокрема, і в з'єднаннях регулятора напруги з масою автомобіля

Інформація про функціональність генераторної установки, оснащеної контрольною лампою стану акумуляторної батареї, може бути отримана на основі поведінки цієї лампи. Насамперед важливо перевірити справність самої лампи, реле її активації та всіх з'єднань схеми, в тому числі контактів замка запалювання. Якщо при вимкненому двигуні після включення замка запалювання лампа не світиться, можливою причиною є коротке замикання обмотки статора на масу або коротке замикання мінусових діодів. Запуск двигуна і його перехід на нормальний режим повинен супроводжуватися гасінням лампи у справній генераторній установці. Однак контрольна лампа не здатна виявити дефекти регулятора напруги, зокрема, коли вихідний транзистор не закривається через внутрішнє коротке замикання. Це призводить до неконтрольованого зростання напруги генераторної установки до неприпустимих значень, хоча лампа і гасне після запуску, як у справної системи. Найточнішу інформацію про стан генераторної установки може надати вольтметр з діапазоном вимірювань від 15 до 30 В. При повністю зарядженому акумуляторі, увімкнутому дальньому світлі фар і середній швидкості обертання колінчастого вала двигуна, напруга генераторної установки між виводом «+» і «масою» повинна бути в межах 13-15 В. [6]

Знижена напруга може виникати через дефекти генератора чи регулятора, тоді як підвищена напруга, як правило, зумовлена лише несправністю регулятора або збільшеним падінням напруги в мережі, що з'єднує регулятор з бортовою системою. Причиною заниженої напруги також може бути недостатнє натягнення приводного ремня, що потребує перевірки. Для

встановлення відповідності генераторних установок технічним нормам та перевірки їхньої працездатності рекомендується використовувати спеціалізований стенд, знявши генераторну установку з двигуна і зібравши необхідні схеми.

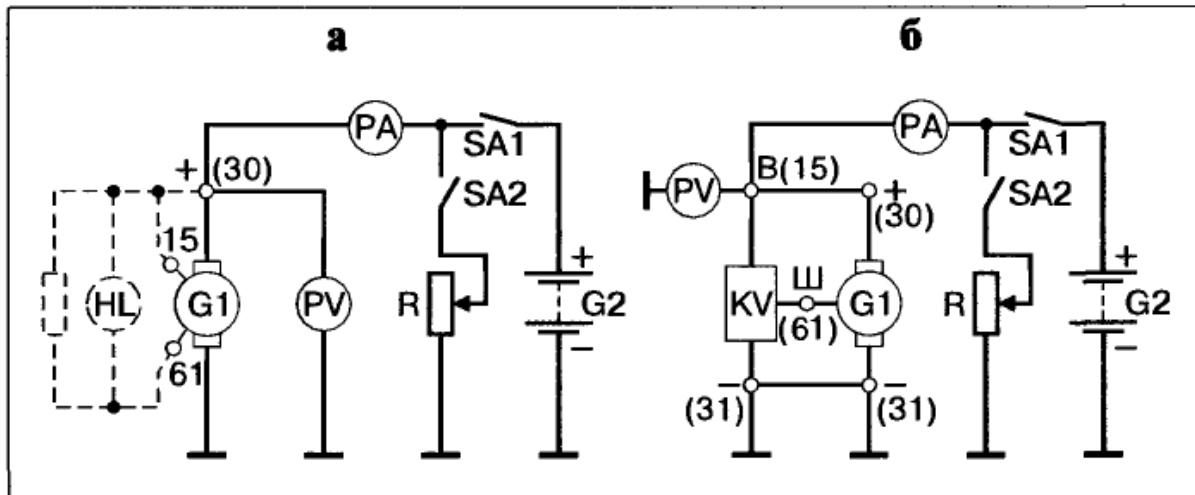


Рис. 1.1. Схеми тестування генераторних систем: а - із інтегрованим регулятором напруги; б – із зовнішнім регулятором напруги.

Ефективність регулятора напруги можливо оцінити незалежно від генератора, використовуючи відповідні схеми. Джерело напруги для перевірки може бути будь-яким, з діапазоном постійної напруги від 12 до 16 В. Можливе використання двох акумуляторних батарей, одна з напругою 12 – 12,5 В, інша – з двома акумуляторними банками, з'єднаними послідовно для отримання загальної напруги 15 - 16 В. Контрольну лампу потужністю до 6 Вт підключають так само, як обмотку збудження генератора, що взаємодіє з регулятором напруги.

Перед ремонтом генератора необхідно його демонтувати для проведення детальної діагностики. В першу чергу, потрібно зняти регулятор напруги, який у багатьох моделях входить до складу єдиного модуля з щіткотримачем. У генераторів цей блок можна від'єднати, відкрутивши два гвинти, що фіксують захисний кожух регулятора до кришки генератора. Для моделі генератора, аби вийняти регулятор напруги, необхідно відкрутити два гвинти, які тримають металеву пластину для відведення тепла та щіткотримач, після чого регулятор можна зняти, залишивши щіткотримач на місці.

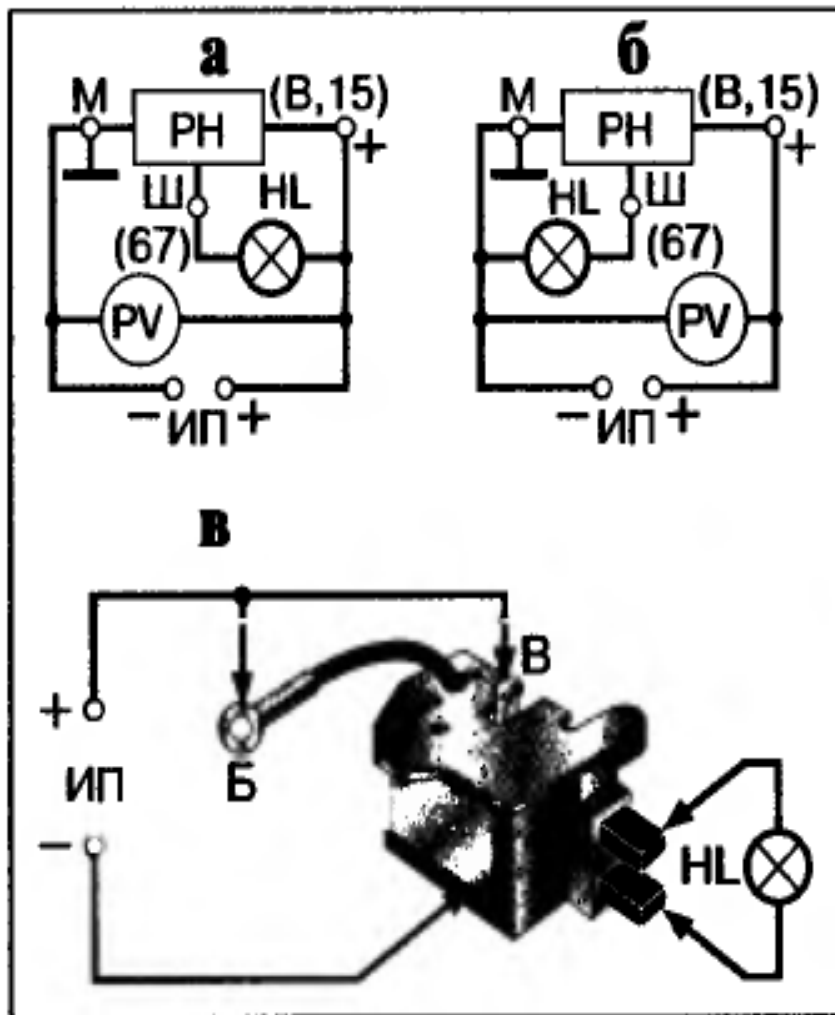


Рис.1.2. Демонструє схеми для перевірки регулятора напруги, зокрема: а - з'єднання обмотки збудження між контактами Ш та «+»; б - з'єднання обмотки збудження між Ш та «-»; в - регулятор, інтегрований з щіткотримачем.

Щоб забезпечити ремонт генератора, почніть із вставлення викрутки між металевою пластиною регулятора і пластиковим кріпленням щіткотримача. Для генераторів із компактною конструкцією спершу зніміть пластиковий захисний кожух на задній кришці. Регулятор напруги у металостекляному корпусі знімається разом з щіткотримачем, а щітки витягаються з контактними пластинами. Розбирання генератора продовжується зняттям гайок з стяжних болтів або вивинченням цих болтів, якщо вони вкручені безпосередньо у кришку. Далі статор з кришкою біля контактних кілець легко відділяється від кришки біля приводу та ротора. Діагностика справності обмотки збудження здійснюється за допомогою омметра, приєднаного до контактних кілець. [12]

Опори обмоток повинні відповідати стандартам, як правило, в межах 3 – 5 Ом або 2 – 3 Ом, залежно від розрахункового максимального струму для

регулятора напруги. Низький рівень опору може вказувати на міжвиткове замикання, а високий – на переривання обмотки, яке можливо через зсув каркасу відносно полюсних половин або через відсутність з'єднання кінців обмотки з контактними кільцями, що може бути виявлено візуально. За допомогою омметра також можливо перевірити обмотку на замикання з металевими частинами ротора. Для діагностики обмотки статора необхідно спеціалізоване устаткування. Візуально ізоляція проводу повинна бути без ознак перегорання чи відшарування.

1.2 Типові проблеми стартерів, методи їх діагностика та вирішення

Коли стартер активовано, але якір залишається нерухомим (тягове реле не активується), потрібно шукати причину у цьому явищі.

Таблиця 1.2. Детально описує основні несправності стартера.

Загальні несправності	та методи їх ліквідації
Проблема з акумулятором або його повне розрядження	необхідно перевірити стан акумулятора, при потребі зарядити його або замінити
Поганий контакт між клемми проводів і виводами акумулятора	слід очистити контактні поверхні від оксидного нальоту та забезпечити надійне затягування клем
Інтенсивне окислення виводів акумулятора та наконечників проводів	слабке затягування наконечників необхідно очистити та затягнути полюсні виводи і наконечники проводів, змастити їх вазеліном для кращого контакту
Замикання між витками обмотки тягового реле, замикання на корпус або обрив	потребує заміни тягового реле.
Обрив у електричному ланцюзі тягового реле стартера	необхідно відновити з'єднання та перевірити справність реле
Несправність перемикача запалювання, який не	слід очистити або замінити контакти перемикача

замкнутий між контактами "30" та "50"	
Заклинювання якоря тягового реле	вимагає демонтажу реле для перевірки та відновлення легкості його переміщення
При включенні стартера якір не обертається або обертається занадто повільно (тягове реле спрацьовує)	
Несправність або виснаження акумуляторної батареї	Потрібно перевірити стан батареї, зарядити її або замінити
Окислення клем батареї та наконечників приєднаних проводів; недостатнє затягування наконечників	Видалити окисли з клем батареї та наконечників проводів, належно затягнути їх і змастити вазеліном
Корозія на контактних болтах тягового реле	Видалити корозію з контактних болтів
Недостатнє затягування гайок кріплення проводів на контактних болтах тягового реле	Ретельно затягнути ці гайки
Значне підгоряння колектора, заклинювання щіток або їх значний знос	Потрібно замінити колектор та щітки
Перерив у обмотці якоря чи статора	Необхідно замінити обмотку статора або якоря
Замикання між секторами колектора, міжвиткове замикання в обмотці якоря чи статора, або їхнє замикання на корпус	Замінити пошкоджені деталі
Коротке замикання щіткотримача позитивної щітки на корпус	Усунути коротке замикання або замінити кришку зі сторони колектора

Підвищений шум стартера під час обертання його якоря.	
Заміна втулок підшипників або валу якоря через їх значний знос	Виконати заміну втулок чи якоря
Нестабільність кріплення стартера чи ушкодження кришки на боці приводу	Підтягнути кріпильні болти або провести ремонт кришки
Неправильне положення стартера після встановлення	Здійснити перевірку та коригування кріплення стартера
Втрата жорсткості кріплення полюсів статора, що викликає дотик якоря до них під час обертання	Затягнути відповідні кріпильні елементи
Ушкодження зубців шестерні приводу стартера або вінця маховика	Необхідно провести заміну шестерні приводу або вінця маховика
Невихід шестерні з зачеплення з маховиком	
Зациклення ручки приводу	Потрібно встановити нову ручку
Зациклення муфти на шліцах якорного вала	Потрібно очистити та змастити шліци моторною олією
Втрата міцності або дефект пружини муфти чи тягового реле	Необхідно замінити муфту або тягове реле
Вислизання стопорного кільця на стороні муфти	Необхідно встановити нові запасні частини
Заклинювання якоря тягового реле через перегрів	Потрібно встановити нове тягове реле
Брак електричного контакту між контактами "30" та "50" вимикача запалювання	Потрібно очистити контакти або замінити контактну групу вимикача

1.3 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу магістра

Проаналізувати типові несправності генераторів змінного току та регуляторів напруги, використовуючи сучасні методики діагностики. Розробити методичні рекомендації для проведення сервісного обслуговування, включаючи періодичність та специфіку виконання основних робіт. Визначити та описати стандартний алгоритм ремонту з урахуванням типових поломок. Дослідити і систематизувати основні причини виходу з ладу стартерів, особливості їх діагностики та способи усунення неполадок. Опрацювати інструкції з обслуговування стартерів, включаючи профілактичні заходи для збільшення терміну їх служби.

Розробити технічну пропозицію по модернізації конструкції генератора з метою підвищення його ефективності та надійності. Провести розрахунок ключових компонентів генератора або стартера, що включає визначення матеріалів, розмірів, і типів конструктивних елементів. Скласти детальну інструкцію з експлуатації нових або модернізованих моделей генераторів та стартерів, охоплюючи аспекти безпеки, обслуговування та першої допомоги при аваріях.

Розробити та апробувати математичну модель однополярного синхронного генератора, оцінити її точність та придатність для передбачення параметрів роботи генератора. Визначити параметри, які будуть оптимізовані, та розробити цільову функцію для оцінки ефективності пропонованих змін в дизайні генератора або стартера.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Діагностика, сервісне обслуговування та ремонт генератора змінного току і регулятора напруги

Перевірка генератора у випробувальному стенді. Тестування на стенді допомагає встановити робочий стан генератора та перевірити, чи відповідають його параметри заводським нормам. У тестованого генератора щітки мають ідеально прилягати до контактних кілець колектора, які повинні бути в чистоті. Схема підключення для тестування генератора на стенді. [2]

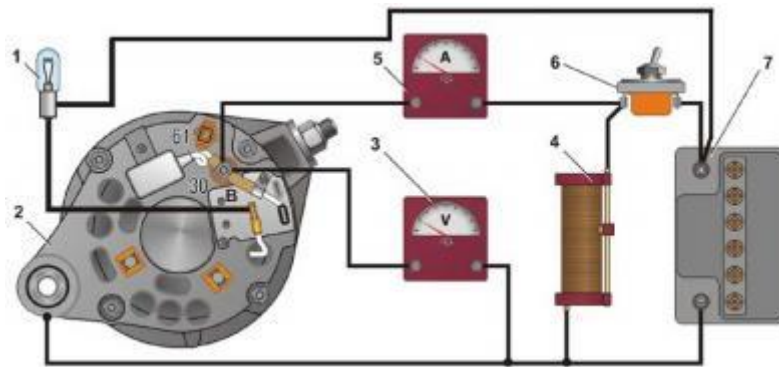


Рис. 2.1. Схематичне відображення підключення для діагностики генератора на спеціалізованому стенді:

1 - генератор; 2 - індикаторна лампа; 3 - вольтметр; 4 - амперметр; 5 - регульований реостат; 6 - перемикач; 7 - акумулятор.

Змонтуйте генератор на стенді та проведіть з'єднання відповідно до схеми. Запустіть електродвигун стенду, за допомогою регулятора 5 встановіть напругу вихідного сигналу генератора на рівні 13 В та доведіть частоту обертання ротора до 5000 об/хв. Дайте генератору працювати в даному режимі принаймні 10 хвилин, після чого виміряйте силу вихідного струму. Для справного генератора цей показник має складати не менше 55 А.

Якщо фактично виміряна сила струму нижча за норму, це може вказувати на дефекти в обмотках статора чи ротора, або на пошкодження вентилів. У такому випадку потрібно здійснити глибокий аналіз цих компонентів, аби визначити причину несправності. Водночас, перевіряйте напругу на виході генератора при частоті обертання ротора 5000 об/хв. Встановіть струм віддачі на рівні 15 А за допомогою регулятора 5 та заміряйте напругу, яка повинна

бути в межах $(14,1 \pm 0,5)$ В при температурі навколишнього середовища і генератора $(25 \pm 10)^\circ \text{C}$.

Якщо рівень напруги не відповідає встановленим межам, слід замінити регулятор напруги на новий, завідомо справний, і виконати повторну перевірку. У разі, якщо напруга після заміни відповідає нормі, це свідчить про пошкодження попереднього регулятора, який потребує заміни. Якщо ж напруга все одно не відповідає встановленим межам, необхідно провести діагностику обмоток і вентилів генератора для виявлення несправностей.

Перевірка генератора за допомогою електронного осцилографа. Електронний осцилограф дозволяє оперативно і з високою точністю оцінити працездатність генератора, аналізуючи форму кривої випрямленої напруги, а також виявити тип і місце пошкодження.

Для проведення перевірки необхідно підготувати схему з'єднань згідно з наведеним рисунком. Від'єднайте провід загального виводу трьох додаткових діодів від штекера «В» регулятора напруги та подбайте про ізоляцію кінця проводу, щоб запобігти його контакту з масою генератора. До штекера «В» регулятора напруги підключіть провід від акумуляторної батареї через контрольну лампу 1. У цьому випадку обмотка збудження отримуватиме електроживлення безпосередньо від акумуляторної батареї.

Увімкніть електродвигун стенда та налаштуйте частоту обертання ротора генератора в діапазоні 1500–2000 об/хв. Використовуючи вимикач 6, роз'єднайте акумуляторну батарею з клемою «30» генератора, а потім за допомогою реостата 4 налаштуйте струм віддачі на рівні 10 А.

За допомогою електронного осцилографа перевірте напругу на клемі «30» генератора. Якщо вентиля та обмотка статора перебувають у справному стані, крива випрямленої напруги матиме пилкоподібну форму з рівномірними зубцями (I). У разі обриву в обмотці статора або виникнення обриву чи короткого замикання у вентилях випрямного блоку, форма кривої зміниться: рівномірність зубців порушиться, з'являться глибокі западини (II та III).

Після перевірки форми кривої напруги на клемі «30» генератора та переконання у її відповідності нормальним параметрам, слід виконати перевірку напруги на штекері «61» або на наконечнику проводу, який було

від'єднано від штекера «В» регулятора напруги. Ці точки слугують загальним виводом трьох додаткових діодів, що забезпечують живлення обмотки збудження під час роботи генератора.

Крива напруги у цих точках також повинна відповідати правильній пилкоподібній формі. Будь-яке відхилення від цієї форми є ознакою пошкодження додаткових діодів.

Графічна форма кривої випрямленої напруги генератора.

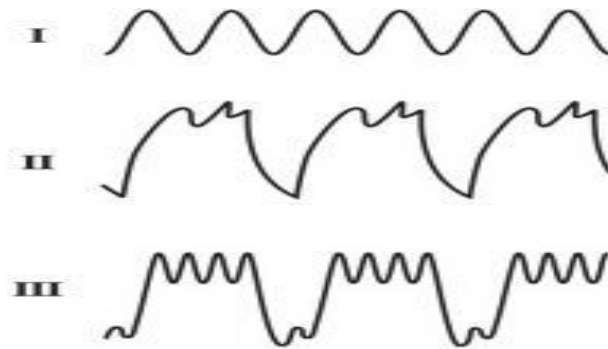


Рис..2. Графічне зображення форми кривої випрямленої напруги генератора: 1 – генератор у справному стані; 2 – пошкодження вентиля (пробиття); 3 – обрив у ланцюзі вентиля.

Діагностика обмотки збудження ротора. Перевірку обмотки збудження можна здійснити без зняття генератора з автомобіля, достатньо демонтувати захисний кожух і регулятор напруги разом із щіткотримачем. За необхідності зачистьте контактні кільця за допомогою шліфувальної шкурки. Використовуючи омметр або контрольну лампу, перевірте, чи немає обриву в обмотці збудження та чи не виникає її замикання на корпус генератора.

Оцінка стану статора. Статор потребує окремого огляду після демонтажу генератора. Перед перевіркою обмотки статора необхідно від'єднати її виводи від вентилів випрямляча. За допомогою омметра або контрольної лампи разом із акумуляторною батареєю переконайтеся у відсутності обривів в обмотці та замикання витків на корпус.

Ізоляція проводів обмотки повинна бути без ознак перегріву, що може виникати внаслідок короткого замикання у вентилях випрямного блоку. Якщо виявлено перегрів чи пошкодження ізоляції, необхідно провести заміну статора.

Для виявлення короткозамкнутих витків у обмотці статора застосовується спеціалізований дефектоскоп, що дозволяє визначити місце пошкодження з високою точністю.

Конденсатор відіграє важливу роль у захисті електронних компонентів автомобіля від імпульсів напруги, що виникають у системі запалювання, а також знижує перешкоди радіоприйому.

Підвищений рівень радіоперешкод при працюючому двигуні може свідчити про пошкодження конденсатора або про погіршення його контакту з масою через ослаблення кріплення на генераторі.

Мегомметр або тестер (шкала 1–10 МОм). У разі справності конденсатора стрілка приладу під час підключення щупів до виводів конденсатора спочатку відхилиться в бік зменшення опору, а потім плавно повернеться до початкового положення. [19]

За допомогою спеціального вимірювального приладу визначають ємність, яка має становити $2,2 \text{ мкФ} \pm 20 \%$.

Вентиль, який працює належним чином, проводить струм виключно в одному напрямку. Якщо вентиль несправний, він або не проводить струм зовсім (обрив ланцюга), або пропускає струм у двох напрямках (коротке замикання). У разі виявлення несправності одного з вентилів рекомендується замінити весь випрямний блок, оскільки його подальша робота може бути нестабільною.

Коротке замикання вентилів випрямного блоку можна діагностувати без демонтажу генератора з автомобіля. Для цього виконується така послідовність дій:

Від'єднати всі дроти, які підключені до акумуляторної батареї та генератора.

Зняти захисний кожух із генератора.

Від'єднати провід, підключений до виводу «В» регулятора напруги.

Для генераторів зі старими моделями регуляторів необхідно додатково від'єднати вивід «Б» регулятора від клеми «30» генератора.

Використовується для вимірювання опору вентиля, що дозволяє точно визначити його працездатність.

Використовується лампа потужністю 1–5 Вт на напругу 12 В. Для перевірки за допомогою цього методу слід дотримуватися схеми, наведеної на рисунку.

Для спрощення конструкції кріплення елементів випрямного блоку, три вентиля, позначені червоною міткою, створюють позитивний полюс випрямленої напруги на корпусі. Ці позитивні вентиля інтегровані в одну спільну пластину випрямного блоку, яка підключається до виводу «30» генератора. Інша група з трьох вентилів, позначених чорною міткою, формує негативний полюс випрямленої напруги. Ці негативні вентиля встановлені в окрему пластину випрямного блоку, яка з'єднується з масою.

Для початку перевірте наявність короткого замикання одночасно у позитивних і негативних вентилях. Для цього під'єднайте позитивний полюс акумуляторної батареї через лампу до клеми «30» генератора, а негативний – до корпусу генератора (I). Якщо лампа засвітиться, це свідчить про коротке замикання в обох групах вентилів.

Щоб перевірити коротке замикання у негативних вентилях, під'єднайте позитивний полюс батареї через лампу до одного з болтів кріплення випрямного блоку, а негативний – до корпусу генератора (II). Світіння лампи вказує на наявність короткого замикання в одному чи кількох негативних вентилях. Варто зазначити, що у цьому випадку горіння лампи може бути спричинене також замиканням витків обмотки статора на корпус генератора. Проте ця несправність є менш поширеною, ніж коротке замикання вентилів.

Для виявлення короткого замикання у позитивних вентилях під'єднайте позитивний полюс батареї через лампу до клеми «30» генератора, а негативний – до одного з болтів кріплення випрямного блоку (III). Світіння лампи сигналізує про коротке замикання одного або кількох позитивних вентилів.

Обрив у вентилях можна діагностувати без демонтажу генератора, використовуючи осцилограф або перевіряючи генератор на стенді. Значне зменшення струму віддачі (на 20–30 %) порівняно з номінальним свідчить про обрив у вентилях. Якщо обмотки генератора, додаткові діоди та регулятор напруги справні, а коротке замикання вентилів відсутнє, основною причиною зниження струму віддачі є обрив у вентилях.

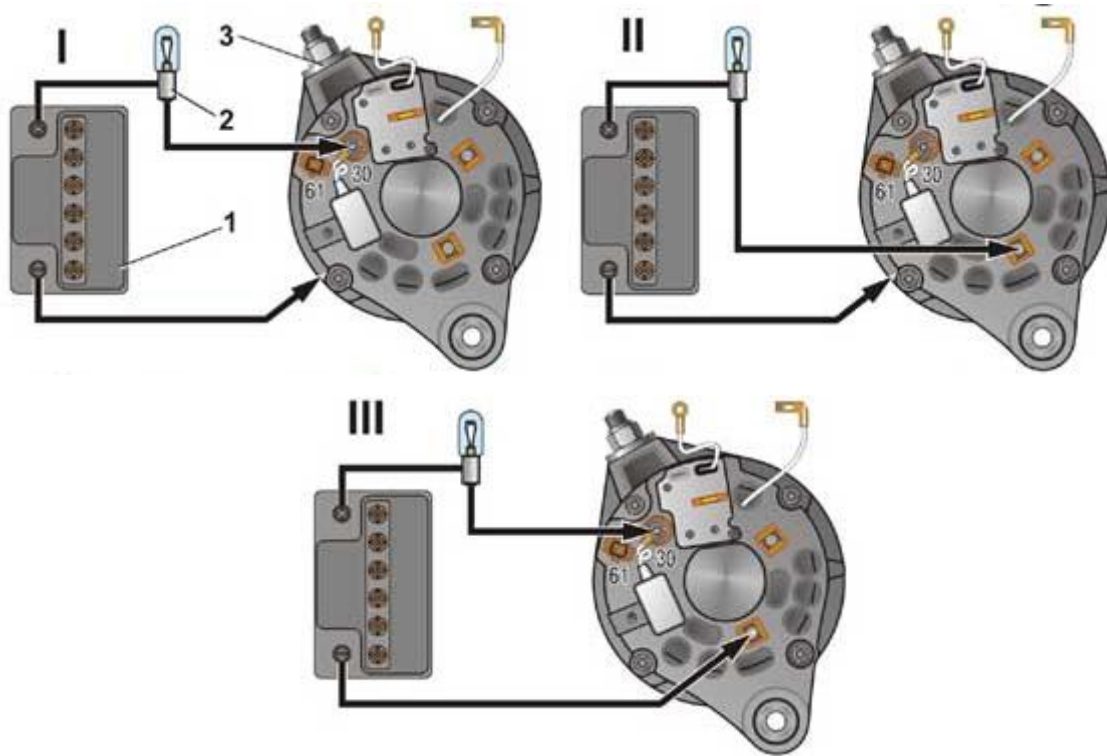


Рис. 2.3. Схеми для тестування клапанів випрямного блоку.
Діагностика додаткових діодів.

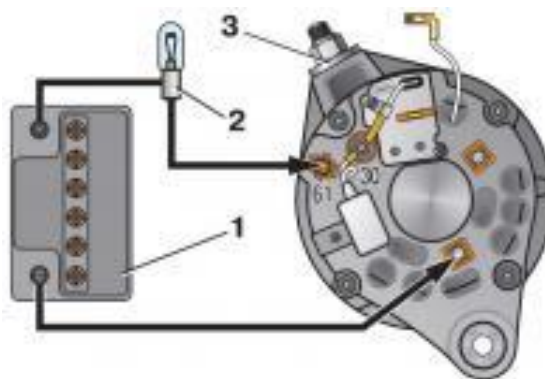


Рис. 2.4 Схеми для діагностики додаткових діодів.

Перевірити наявність короткого замикання в додаткових діодах можна без необхідності демонтажу або розбирання генератора, використовуючи наведену на рисунку схему.

Для виконання перевірки, як і у випадку діагностики клапанів випрямного блоку, потрібно:

Від'єднати дроти від акумуляторної батареї та генератора.

Зняти захисний кожух генератора.

Від'єднати провід від виводу «В» регулятора напруги. [11]

Далі підключіть позитивний полюс акумуляторної батареї через лампу потужністю 1–3 Вт (12 В) до виводу «61» генератора, а негативний полюс – до

одного з болтів кріплення випрямного блоку. Якщо лампа загориться, це свідчить про наявність короткого замикання в одному з додаткових діодів.

Для точної ідентифікації пошкодженого діода потрібно зняти випрямний блок і виконати перевірку кожного діода окремо.

Обрив у додаткових діодах можна виявити за допомогою осцилографа: це проявляється у вигляді спотворення кривої напруги на штекері «61». Також обрив може бути визначений за зниженим рівнем напруги (менше 14 В) на цьому ж штекері під час роботи ротора генератора на середній частоті обертання.

Перевірка регулятора напруги.

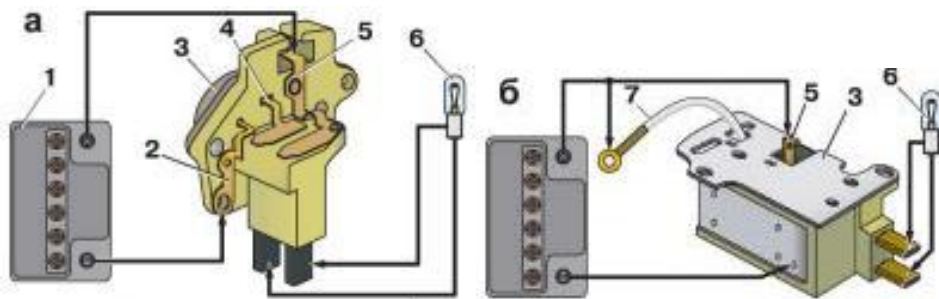


Рис. 3.5. Схеми для перевірки регулятора напруги.

Основне завдання регулятора напруги полягає у постійному та автоматичному регулюванні струму збудження генератора. Це забезпечує підтримку вихідної напруги генератора у встановлених межах, незалежно від змін у частоті обертання чи струмі навантаження.

Перевірка регулятора напруги на автомобілі.

Для виконання перевірки необхідно використовувати вольтметр постійного струму з максимальним діапазоном вимірювання 15–30 В і точністю не гірше класу 1,0.

Порядок виконання. Після 15 хвилин роботи двигуна на середніх обертах та увімкнених фарах перевірте напругу між клемою «30» і масою генератора. Значення напруги повинно перебувати в діапазоні 13,6–14,6 В.

Якщо виявлено систематичний недозаряд або перезаряд акумуляторної батареї, і регульована напруга не відповідає зазначеним межах, необхідно замінити регулятор напруги.

Знятий із генератора регулятор перевіряється згідно зі схемою, наведеною на рисунку Схеми для перевірки регулятора напруги. Для регуляторів, рекомендовано проводити перевірку разом зі щіткотримачем (схема б). Такий підхід дозволяє оперативно виявити обриви у виводах щіток або виявити несправності у контактах між регулятором напруги та щіткотримачем.

Порядок виконання. Розмістіть лампу з параметрами 1–3 Вт, 12 В між щітками генератора. До клем «В», «Б» (за наявності) та маси регулятора приєднайте джерело живлення, спочатку встановивши напругу 12 В, а потім збільшіть до 15–16 В. У випадку справності регулятора, при напрузі 12 В лампа повинна засвітитися, а при напрузі 15–16 В – згаснути.

Якщо лампа горить у обох випадках, це свідчить про пробій у регуляторі. Якщо лампа не загоряється у жодному випадку, причиною може бути обрив у ланцюзі регулятора або порушення контакту між щітками та виводами регулятора. [17]

Ремонт та розбирання генератора.



Рис. 3.6. Ремонт і демонтаж генератора:

1 – блок регулятора напруги зі щіткотримачем; 2 – регулятор напруги та щіткотримач; 3 – колодка для підключення додаткових діодів; 4 – ізоляційні втулки; 5 – блок випрямляча; 6 – контактний гвинт; 7 – статор генератора; 8 – ротор генератора; 9 – розпірна втулка; 10 – внутрішня шайба для закріплення підшипника; 11 – корпус зі сторони приводу; 12 – шків генератора; 13 – зовнішня шайба для кріплення підшипника; 14 – стяжний гвинт; 15 – передній кульковий підшипник ротора; 16 – втулка для стабілізації; 17 – кришка зі сторони контактних кілець; 18 – амортизаційна втулка; 19 – фіксуюча втулка; 20 – конденсатор для зменшення перешкод.

Порядок виконання.

Очистіть генератор від бруду та продуйте його стисненим повітрям. Від'єднайте повітрязбірник 3 (див. рисунок «Зняття захисного кожуха генератора») від патрубку захисного кожуха 4, послабивши стяжний хомут. Викрутіть два гвинти 1 і гайки з подовжувача 5 контактного болта, після чого зніміть захисний кожух 4. Від'єднайте провід 6 від виводу «61» генератора та викрутіть подовжувач 5 контактного болта.

Зabloкуйте шків генератора за допомогою захоплення, яке входить до комплекту пристосування 67.7823.9504. Викрутіть гайку, що закріплює шків, і за допомогою знімача зніміть шків. Видаліть шпонку та конічну шайбу шківів.

У комплект пристосування 67.7823.9504 входить стандартний знімач та захоплення. Захоплення складається з двох сталевих напівкілець, які вставляються у жолобок шківів. Січення напівкілець відповідає профілю ремня приводу генератора. З одного боку напівкілець з'єднані шарнірно, а з іншого оснащені важелями, які зжимаються однією рукою під час зняття шківів.

Від'єднайте провід від штекера «В» регулятора напруги.

Від'єднайте проводи регулятора та конденсатора від клеми «30» генератора. Викрутіть гвинти кріплення регулятора 1 і зніміть його.

Щоб запобігти пошкодженню щіток під час зняття щіткотримача, акуратно вставте лезо викрутки між корпусом регулятора 2 і щіткотримачем. Легко посуньте регулятор з генератора, залишаючи щіткотримач на місці. Потім нахиліть регулятор і обережно витягніть його разом зі щіткотримачем. Конденсатор 20 слід зняти, попередньо відкрутивши гвинт його кріплення.

Розкрутіть гайки стяжних болтів 14, після чого акуратно зніміть кришку 11 генератора. Далі демонтуйте ротор 8, уникаючи пошкоджень.

Від'єднайте гайки болтів, що фіксують наконечники вентилів до виводів обмотки статора. Потім акуратно витягніть статор 7 з корпусу кришки 17 генератора, зберігаючи цілісність компонентів.

Розкрутіть гайку контактного болта 6. Від'єднайте штекер проводу додаткових діодів від колодки 3, після чого демонтуйте випрямний блок 5, обережно знімаючи його з генератора.

Процес збирання генератора здійснюється у зворотній послідовності відносно процедури його розбирання. Для генераторів, які оснащені розбірним вузлом "регулятор-щіткотримач", існує специфічна рекомендація щодо уникнення пошкодження щіток. Перед установкою регулятора зі щіткотримачем не вставляйте щіткотримач повністю у регулятор. Спочатку злегка посуньте його, після чого у такому стані встановіть у генератор. Після розміщення щіткотримача у відповідній частині кришки генератора, легким натисканням встановіть регулятор на місце. [5]

Під час збирання важливо контролювати точність співвісності отворів у лапах кришок генератора. Максимально допустиме відхилення не повинно перевищувати 0,4 мм. Для забезпечення цієї точності рекомендується використовувати спеціальний калібр, що вставляється у відповідні отвори.

Конусна пружинна шайба шківів повинна монтуватися так, щоб її випукла сторона прилягала до гайки. Гайку шківів необхідно затягувати із застосуванням моменту затягування в межах 38,4–88 Н·м (3,9–9,0 кгс·м), що гарантує надійне кріплення шківів.

Якщо довжина щіток скоротилася настільки, що вони виступають із щіткотримача менше ніж на 5 мм, це свідчить про необхідність заміни щіткотримача разом із щітками.

Для генераторів, процес заміни включає вилучення щіткотримача з корпусу регулятора напруги шляхом натискання на вивід «В». У конструкціях генераторів, де регулятор напруги та щіткотримач інтегровані в єдиний вузол, необхідно замінювати весь блок, що включає новий регулятор напруги разом із щіткотримачем.

Перед установкою нового блоку регулятора напруги зі щіткотримачем слід очистити посадочне місце в генераторі. Для цього використовується стиснене повітря, щоб видалити вугільний пил, а також тканина для усунення залишків мастила, яке може бути змішаним із пилом.

Для виконання заміни несправного діода спершу акуратно відпаяйте його виводи та дбайливо витягніть діод із пластикового тримача, уникаючи будь-яких різких ударів, які можуть пошкодити випрямний блок. Після цього

ретельно очистьте місце встановлення від залишків епоксидної смоли, щоб забезпечити якісне закріплення нового діода.

Після підготовки місця встановлення закріпіть новий діод, уважно припаявши його. Важливо, щоб вивід діода, позначений кольоровою міткою, був правильно припаяний до відповідних виводів вентилів. Для завершення процесу надійно закріпіть корпус діода до тримача, використовуючи свіжу епоксидну смолу. [14]

Щоб демонтувати несправний підшипник з кришки, розташованої зі сторони приводу, слід відкрутити гайки болтів, які утримують шайби кріплення підшипника. Після цього зніміть шайби разом із болтами і скористайтесь ручним пресом для випресування підшипника. Якщо гайки не відкручуються через розвальцьовані кінці болтів, потрібно акуратно спилити ці кінці.

Встановлення нового підшипника допустиме лише за умови, що отвір для підшипника в кришці не має деформацій, а його діаметр не перевищує 42 мм. Якщо отвір деформований або має більший діаметр, необхідно замінити кришку на нову. Новий підшипник запресовується у кришку генератора за допомогою преса і фіксується між двома шайбами. Шайби стягуються болтами, які після затягування потрібно повторно розвальцьовати.

Під час заміни підшипника ротора зі сторони контактних кілець одночасно необхідно замінити й кришку. Це пов'язано з тим, що пошкодження підшипника зазвичай призводить до руйнування гнізда в кришці. Для демонтажу використовуйте знімач, а встановлення нового підшипника здійснюйте за допомогою преса, забезпечуючи правильну фіксацію.

2.2 Діагностика, сервісне обслуговування та ремонт стартера

У разі виникнення сумнівів щодо належної ефективності функціонування стартера слід провести його діагностику на спеціалізованому випробувальному стенді.

З'єднувальні кабелі до джерела струму, амперметра та контактного гвинта тягового реле стартера мають володіти перерізом не меншим за 16 мм². Під час

тестування стартера температура повинна бути в межах $(25 \pm 5)^\circ\text{C}$, а щітки ефективно притерті до колектору.

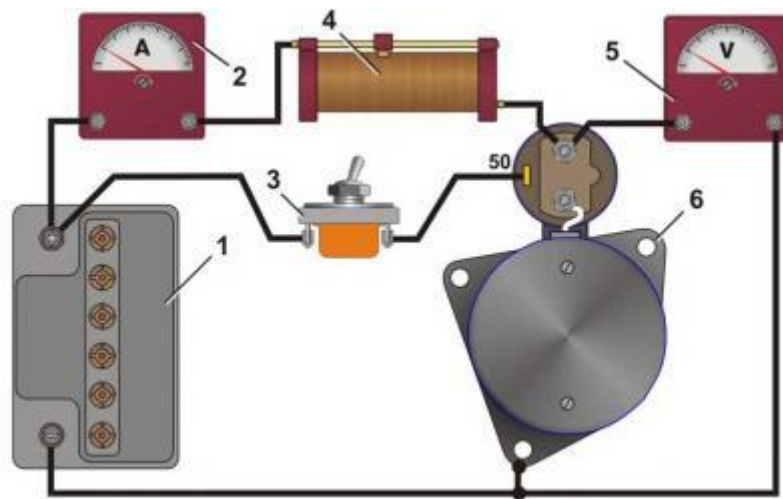


Рис. 2.7. Методика діагностики стартера в лабораторних умовах, включає наступні елементи:

1 – батарея акумуляторна; 2 – шунтований амперметр з максимальним навантаженням у 1000 А; 3 – електричний вимикач; 4 – реостат на потужність до 800 А; 5 – вольтметр, налаштований на верхній поріг не менше 15 В; 6 – сам стартер.

Активуйте стартер тричі за допомогою вимикача 3 при напрузі 12 В, застосовуючи різні умови гальмування. Зокрема, при гальмівних моментах 2, 6 та 10 Н•м (0,2; 0,6 і 1 кгс•м). Кожен старт має тривати не більше 5 секунд, з перервами між спробами не менше 5 секунд.

У випадку, коли стартер не приводить у дію зубчастий вінець стенду або його робота супроводжується аномальними звуками, слід розібрати стартер і детально перевірити його компоненти.

Тестування стартера при максимальному гальмуванні. Процедура проведення:

Фіксуєте зубчастий вінець на стенді, активуйте стартер та проведіть заміри струму, напруги та гальмівного моменту. Ці параметри мають не перевищувати 550 А та 7,5 В відповідно, тоді як гальмівний момент не повинен бути меншим за 13,7 Н•м (1,4 кгс•м). Час активації стартера обмежено 5 секундами.

Якщо виміряний гальмівний момент є нижчим, а струм – вищим за зазначені показники, це може свідчити про наявність міжвиткових замикань у обмотці статора та якоря або замикання на масу.

Знижені показники гальмівного моменту та струму можуть вказувати на окислення та забруднення колектора, значний знос щіток, втрату еластичності пружин щіток, застрягання щіток у щіткодержателях, послаблення кріплень виводів обмотки статора, окислення або опіки контактних болтів тягового реле.

У стані повного гальмування якір стартера не повинен обертатися. Якщо обертання відбувається, це означає несправність муфти вільного ходу.

Для усунення дефектів розберіть стартер та проведіть заміну або ремонт пошкоджених деталей.

Тестування стартера на холостому ходу. Методика проведення. Від'єднайте зубчастий вінець від шестерні стартера. Запустіть стартер і проведіть заміри електричного струму та швидкості обертання якоря стартера, які не повинні перевищувати 60 А та коливатися в діапазоні (5000 ± 1000) об/хв за напруги на клеммах стартера між 11,5 та 12 В.

Відхилення величин струму і швидкості обертання якоря від норми можуть вказувати на ті ж проблеми, що й були виявлені під час попереднього тестування.

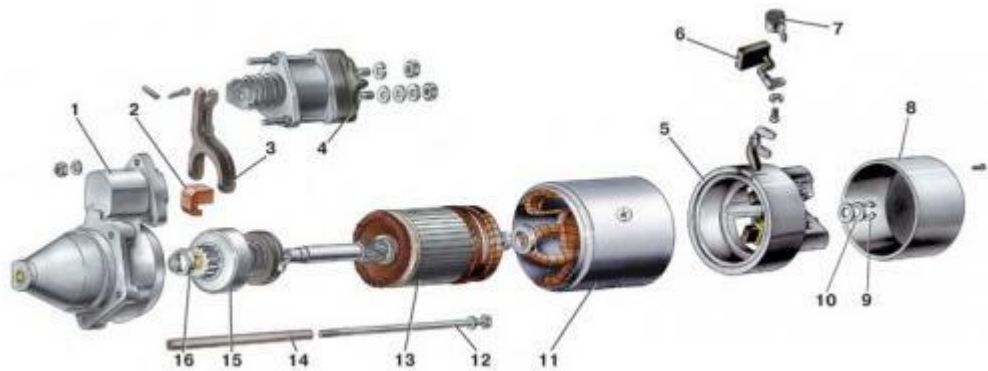
Тестування тягового реле. Розмістіть прокладку товщиною 12,8 мм між шестернею та обмежувальним кільцем номер 21 та активуйте реле. Напруга, яка спричиняє активацію реле при контакті шестерні з прокладкою, не повинна перевищувати 9 В за температури навколишнього середовища в межах $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$. Вища напруга може вказувати на дефекти реле чи приводу.

Реле запуску стартера. Визначальна напруга для активації цього реле повинна бути не більшою за 8 В при температурі $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$. Перевищення цього показника може свідчити про неполадки у реле або його приводі.

Ремонт стартера. Розбирання стартера.

Зніміть гайку на нижньому контактному болті реле тяги, а також від'єднайте вивід обмоток статора, який до нього приєднаний. Розкрутіть кріплення реле тяги та демонтуйте саме реле. Вийміть гумову заглушку під

номером 2 (згідно з рисунком «Деталі стартера»), розташовану на передній кришці.



Рисю 2.8 Ремонт і розбирання стартера:

1 – Лицьова кришка стартера, що має в середині проміжне кільце; 2 – Заглушка виготовлена з гуми; 3 – Механізм важеля для активації приводу; 4 – Реле для тяги; 5 – Задня кришка біля колектора; 6 – Елемент електричного контакту, щітка; 7 – Еластична пружина для щітки; 8 – Охоронний кожух; 9 – Фіксуєча шайба; 10 – Шайба, яка дозволяє регулювання; 11 – Загальний корпус стартера; 12 – Болт для затискання; 13 – Обертовий якір; 14 – Трубка з ізоляційним матеріалом; 15 – Муфта, яка дозволяє обгін із зубчастою передачею; 16 – Кільце, яке обмежує переміщення.

Далі, відкрутіть гвинти, які тримають захисний кожух номер 8, та зніміть його. Видаліть стопорну шайбу номер 9, викрутіть стяжні болти номер 12 і роз'єднайте корпус номер 11 разом із кришкою номер 5 від кришки номер 1, до якої прикріплений якір номер 13.

Відкрутіть гвинти, які фіксують щіткотримачі до виводів обмотки статора, та відокремте корпус від кришки на стороні колектора. Зніміть пружини номер 7 та щітки номер 6.

Розшпалнтуйте, вийміть важіль і якір з приводом з кришки, а після цього від'єднайте важіль від приводу.

Для демонтажу приводу з якоря витягніть стопорне кільце, що знаходиться під обмежувальним кільцем номер 16. Розбирання приводу проводиться після того, як стопорна шайба буде знята зі ступиці муфти.

Для проведення демонтажу тягового реле, спочатку розкрутіть гайки на стяжних болтах, після чого від'єднайте електричні виводи обмоток від штекеру

номер 50 та від клеми, яка фіксується на нижньому контактному болті даного реле. [16]

Завершивши розбір, очистіть усі компоненти за допомогою стиснутого повітря і акуратно протріть їх для видалення будь-яких залишків бруду чи пилу.

Діагностика технічного стану компонентів редуктора. Якір: Послідовність дій. Застосуйте мегомметр або перевірте за допомогою лампи, що живиться від мережі 220 В, наявність короткого замкнення обмотки якоря на заземлення. Подавайте напругу на пластини колектора та на сердечник якоря через лампу. Яскраве світло лампи сигналізує про коротке замкнення пластин колектора з заземленням. Вимірювання опору мегомметром має показати не менше 10 кОм. У разі виявлення замкнення з заземленням, якір потрібно замінити.

Використовуйте відповідний прилад для тестування на наявність замикань між відділами обмотки якоря та пластинами колектора, а також перевірте на наявність обривів у місцях припаювання проводів до пластин колектора.

Огляньте поверхню колектора. У разі забруднення або наявності слідів пригоряння необхідно зачистити її за допомогою дрібнозернистого наждачного паперу.

Здійсніть вимірювання відцентрового биття серцевини якоря відносно опорних шийок вала. Якщо показник перевищує 0,08 мм, якір слід замінити.

Перевірте якість поверхонь шліців та опорних шийок вала якоря на наявність задирів, вм'ятин та ознак зносу. При наявності на поверхні вала слідів жовтого кольору від металевої втулки шестерні, видаліть їх за допомогою дрібнозернистого наждачного паперу, щоб уникнути можливих ускладнень у роботі шестерні на валу.

Приводний механізм стартера повинен забезпечувати плавне ковзання по валу якоря, без будь-яких заїдань. Шестерня має здатність вільно обертатися на валу якоря у напрямку його руху, з моментом сили не перевищуючи 0,27 Н•м (2,8 кгс•см). Обертання у протилежному напрямку має бути заблоковане. У випадку наявності пошкоджень на зубах шестерні, таких як вдавнення чи

вирізи, необхідно провести їх шліфування за допомогою дрібнозернистого шліфувального диска малого діаметра.

У разі виявлення пошкоджень або значного зносу деталей приводу, рекомендовано провести заміну на новий приводний агрегат.

Здійсніть тестування ізоляції обмоток статора, використовуючи мегомметр або контрольну лампу, яка працює від мережі 220 В. Підключіть напругу через лампу до основного виводу обмотки та корпусу стартера. Світіння лампи або вказівка мегомметра на опір нижче 10 кОм, а також наявність на обмотках ознак перегріву, таких як почорніння ізоляції, вимагають заміни корпусу з обмотками. Це важливий крок у підтримці надійності та ефективності стартера.

Огляд кришок на предмет дефектів. Здійсніть ретельний огляд кришок для виявлення тріщин або інших видимих ушкоджень. У разі виявлення тріщин, негайно замініть кришки на нові. Також оцініть стан втулок в кришках; якщо вони показують ознаки зношування, ви маєте замінити або весь збір кришок, або самі втулки. Після встановлення нових втулок, проведіть їх точне розточування до розмірів 12,015 мм з допуском до +0,03 мм.

Перевірка кріплення щіткотримачів. Переконайтеся у стабільності фіксації щіткотримачів на кришці біля колектора. Важливо, щоб щіткотримачі позитивних щіток не мали електричного контакту з масою. Перевірте також, чи легко щітки переміщаються в пазах щіткотримачів. Щітки, зношені до висоти 12 мм, потрібно замінити новими, після їхньої адаптації до поверхні колектора.

Діагностика сили пружин щіток. Використовуйте динамометр для вимірювання сили пружин на щітках. Норма для нових щіток становить $9,8 \pm 0,98$ Н ($1 \pm 0,1$ кгс). У випадку нестачі сили пружин, їх слід замінити на нові для забезпечення оптимального контакту щіток з колектором.

Діагностика мобільності якоря реле. Забезпечте, що якір реле легко переміщається. Використовуйте омметр для перевірки контакту між контактними болтами та контактною пластиною реле.

Чистка контактних елементів. У випадку відсутності електричного контакту між контактними болтами та пластиною, демонтуйте реле. Очистіть контактні поверхні болтів та пластини, використовуючи дрібнозернисту

шліфувальну шкурку або плоский оксамитовий напилочок для досягнення ідеальної гладкості.

Регулювання контактних болтів. Якщо контактні болти мають серйозні пошкодження на поверхні, що стикається з контактною пластиною, рекомендується їх повернути на 180° , щоб використати менш зношену частину для підвищення надійності контакту.

Перед початком зборки стартера, усі винтові шліци вала якоря, а також ступицю обгінної муфти, зубчасте колесо і втулки кришок ретельно змастіть моторним маслом. Застосуйте консистентне мастило Літол-24 для змащення обгінного кільця приводу. Встановіть ізолюючу пластмасову трубку на стяжний болт, який розташований під шиною послідовних котушок статора, для забезпечення електричної ізоляції. Оберіть товщину регулювальної шайби номер 10 так, щоб осьовий вільний хід якоря не перевищував 0,5 мм. Завершивши складання, проведіть ретельну перевірку стартера на спеціалізованому стенді, щоб впевнитися в його правильній роботі та відсутності дефектів. [3]

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Технічна пропозиція

Було поставлено завдання проєктувати тестувальний стенд для оцінки функціональності генераторів та стартерів. Згідно з технічним завданням, необхідно забезпечити автоматизовану діагностику цих агрегатів під час їхньої експлуатації на стенді. Вимірювання параметрів має відбуватися автоматично, без втручання оператора, хоча до його обов'язків входить закріплення агрегатів та аналіз отриманих даних. Розроблення стенду базується на результатах інформаційного пошуку та обраному технічному рішенні, специфічному для цього проєкту. У процесі створення технічної пропозиції для обладнання було виконано аналіз технічної літератури, щоб визначити існуючі моделі та їхні аналоги, які б відповідали вимогам. Аналізувались такі відомі стенди, як AST-55, E-250-02 та СКІФ-1-01, з акцентом на їхні технічні характеристики та конструктивні особливості, в контексті їх придатності для заданих умов експлуатації (рисунки 3.1, 3.2, 3.3).



Рис. 3.1. Стенд AST-55.

Регулювання натягу кріпильного ланцюга генератора та привідного ремня виконується автоматично, коли користувач натискає та утримує спеціальний важіль. Щодо недоліків, слід відзначити, що цей стенд не дозволяє тестувати стартер при робочому навантаженні. Вивчення конструкції стенда показало, що для приведення в рух генератора використовується асинхронний електродвигун.



Рис. 3.2. Стенд Э-250-02.



Рис. 3.3. Стенд СКИФ-1-01

Монтажні системи та набори аксесуарів уможливають фіксацію на стенді майже всіх варіантів генераторів та стартерів, як вироблених у Росії, так і за кордоном; налаштування пружинного датчика дозволяє тестувати стартери, що обертаються вправо та вліво. Серед недоліків слід виділити відсутність можливості діагностики стартерів у режимі з змінними гальмівними моментами.

1) компактні розміри; 2) доступна ціна. Одним із значних мінусів є відсутність можливості проведення діагностики стартера при робочому навантаженні. Дослідження конструкцій стендів та їхніх специфікацій виявило, що ні одна із них не задовольняє повністю всі вимоги. Тому постає завдання створення нової конструкції. Запропонований варіант розміщення обладнання на стенді передбачає наступне.

Несумнівно, аналіз різних конструкцій підтвердив перевагу верстатного типу установки стенда, який дозволяє ефективно економити простір. З метою забезпечення надійності, довговічності та легкості виробництва рамна конструкція повинна бути виготовлена зі сталевих профілів. Для торможіння привода стартера рекомендується застосування гідравлічної системи, яка включає в себе гідронасос із зубчастим механізмом, клапан та датчик тиску олії. Всі компоненти системи мають бути з'єднані міцними трубками, що витримують високий тиск. Вибір оптимальної конструкції, на основі детально

розроблених проектних рішень, повинен найбільш повно задовольняти технічні специфікації заданого проекту. [1]

3.2 Розрахунок ключових компонентів конструкції

Застосування вібраційних опор дозволяє ефективно забезпечувати як активну, так і пасивну ізоляцію від вібрацій та шуму (див. рисунок 3.4). Для визначення оптимального типу вібраційних опор слід використати наступну формулу (3.1):

$$m = m_{\text{эл.дв}} + m_{\text{ген.}} + m_{\text{ст.}} + m_{\text{нас.}} + m_{\text{рама}} + m_{\text{мах}}, \quad (3.1)$$

$$m_{\text{эл.дв}} = 19 \text{ кг}; m_{\text{ген.}} = 5,4 \text{ кг}; m_{\text{ст.}} = 3 \text{ кг}; m_{\text{нас.}} = 6 \text{ кг}; m_{\text{рама}} = 10 \text{ кг}; m_{\text{мах}} = 4,9 \text{ кг}.$$

$$m = 19 + 5,4 + 3 + 6 + 10 + 4,9 = 48,3 \text{ кг}.$$



Рис. 3.4. Вібраційні опори.

Враховуючи, що загальна маса компонентів стенду не долає позначку 50 кг, ми застосуємо чотири вібраційні опори з навантаженням на кожну до 800 кгс. Щодо методу кріплення генератора, рекомендується використання нижнього кронштейна генератора з автомобіля (див. рисунок 3.5 а) та скоби кріплення генератора (див. рисунок 3.5 б). Такі кронштейни будуть міцно фіксовані на профілі за допомогою системи болтів і гайок.

Як кріплення стартерів пропонується використовувати картер зчеплення (рисунок 3.6 а), при цьому відпилювати необхідну частину кріплення агрегату (рисунок 3.7 б).



Рис. 3.5. Деталі кріплення генератора.



Рис. 3.6. Деталі для монтажу стартера.

При виборі приводного механізму слід врахувати необхідні параметри потужності та максимальної швидкості обертання. Враховуючи можливість застосування електродвигуна з виходом понад 3 кВт та максимальною швидкістю до 3000 обертів за хвилину, з економічних міркувань рекомендовано обрати асинхронний двигун моделі AIP C90L2 потужністю 3,5 кВт і максимальною швидкістю 3000 об/хв.

Щоб забезпечити можливість діагностики, важливо здійснювати обертання валу генератора до 5000-6000 об/хв. Тому потрібно встановити шків з передавальним відношенням 2. Щоб уникнути провороту шківів в шпонковому пазі вала двигуна, слід встановити шпонку. Крім того, для підвищення жорсткості кріплення шківів можна просвердлити отвір у валу двигуна, нарізати різьбу та закріпити болт.

Для трансмісії крутного моменту між двигуном і генератором рекомендується застосувати ремінь газорозподільного механізму з автомобіля,

регулювання натягу якого відбуватиметься за допомогою спеціальної регулювальної скоби. Для контролю швидкості обертання електродвигуна варто використовувати перетворювач частоти ELHART моделі EMD- MIN-037 Т із номінальною потужністю 3,7 кВт, враховуючи, що потужність самого електродвигуна дорівнює 3,5 кВт (див. рисунок 15).



Рис. 3.7. Перетворювач частот для асинхронних двигунів.

Для запобігання вібраційним навантаженням, не рекомендується монтаж перетворювача частот на раму стенду. Замість цього пропонуємо кріплення на опорній колоні або безпосередньо на стіні за допомогою кріпильних гвинтів. Для контролю за знятими параметрами рекомендується використання операторської панелі АГАВА моделі ПО-50.10 (рисунок 3.8), оснащеної сенсорним екраном резистивного типу. У дизайні цього пристрою інтегровано контролер для автоматизації задач та цифровий резистор з номінальним опором 15 кОм.



Рис. 3.8. Операторська панель АГАВА моделі ПО-50.10.

За умов напруги 14 В максимальний струм генератора моделі становить 80 А. Для визначення необхідного опору навантаження використаємо розрахунок за формулою (3.2).

$$R = \frac{U}{I}, \quad (3.2)$$

U – напруга на виході, $U = 14$ В;

I – максимальний віддаваний струм, $I = 80$ А.

$$R = \frac{14}{80} = 0,175 \text{ Ом}. \quad (3.3)$$

Аналіз показує, що резистор повністю відповідає вимогам до необхідного навантаження.

Таким чином, вибір панелі оператора можна вважати правильним.

Щоб уникнути впливу вібраційних навантажень, встановлювати панель оператора безпосередньо на раму стенда недоцільно. Рекомендується її монтаж на колоні або стіні з використанням кріплення на основі гвинтів.

Для забезпечення гальмування приводу стартера доцільно застосувати гідравлічний насос HYDAC моделі PGI100-2-005 (рисунок 3.9). Цей насос здатний функціонувати в діапазоні обертів від 200 до 4000 об/хв при максимальному робочому тиску 32 МПа.



Рис. 3.9. Гідравлічний насос HYDAC моделі PGI100-2-005

Для забезпечення взаємодії із шестернею приводу стартера пропонується застосувати полегшений маховик від автомобіля масою 4,9 кг (рисунок 3.10). Враховуючи, що внутрішній діаметр маховика перевищує діаметр вала гідронасоса, передбачається виготовлення спеціального фланця. Цей фланець буде закріплений на валу насоса за допомогою шпонки. Для додаткової

надійності кріплення пропонується просвердлити отвір у валу, нарізати різьбу та встановити кріпильний болт. [9]



Рис. 3.10. Маховик.

Для забезпечення гальмування валу гідронасоса запропоновано застосувати регулювальний кран моделі R205K, розрахований на номінальний тиск до 41,4 МПа. Цей кран оснащено коригувальним диском і електроприводом, що забезпечує його автоматизоване управління.

Робота електроприводу здійснюється шляхом передачі стандартного аналогового сигналу, який викликає переміщення кульки крана. Як електропривод пропонується використати модель TRD24-SR.

У якості масляного резервуара (рисунок 3.11) доцільно використовувати компактну ємність об'ємом 600 мл. У дні резервуара слід передбачити отвір із нарізаною різьбою для монтажу трійника, що забезпечить його зручне підключення до системи.



Рис. 3.11. Масляна ємність

Для моніторингу тиску в системі рекомендується застосувати датчик тиску масла HYDAC моделі MM-120Д (рисунок 3.12). Цей датчик необхідно інтегрувати у трійник, забезпечивши надійне кріплення. Конструкція датчика

дозволяє контролювати тиск масла в системі при максимальному значенні до 35 МПа.



Рис. 3.12. Датчик тиску масла.

Усі компоненти системи планується з'єднати трубами високого тиску, здатними витримувати розривний тиск понад 100 МПа.

Для вимірювання частоти обертання рекомендується застосувати датчик моделі LM8-3002NA (рисунок 3.13).



Рис. 3.13. Датчик обертальної частоти.

3.3 Інструкція з експлуатації

Стенд для тестування генераторів та стартерів розроблений для діагностики їх технічного стану після демонтажу з автомобіля.

Стенд призначений для виконання таких завдань:

діагностики технічного стану та виявлення прихованих дефектів генераторних установок, демонтованих з автомобілів із номінальною напругою 14 В і 28 В;

моніторингу струму та напруги генератора в заданих діапазонах навантаження та частоти обертання; [15]

передачі зчитаних параметрів на панель оператора для подальшого аналізу;

поетапного регулювання навантаження на генератор;

плавного налаштування частоти обертання електродвигуна, який приводить генератор у дію;

тестування електричних характеристик стартерів.

Візуалізація конструкції стенда наведена на рисунку 3.14.

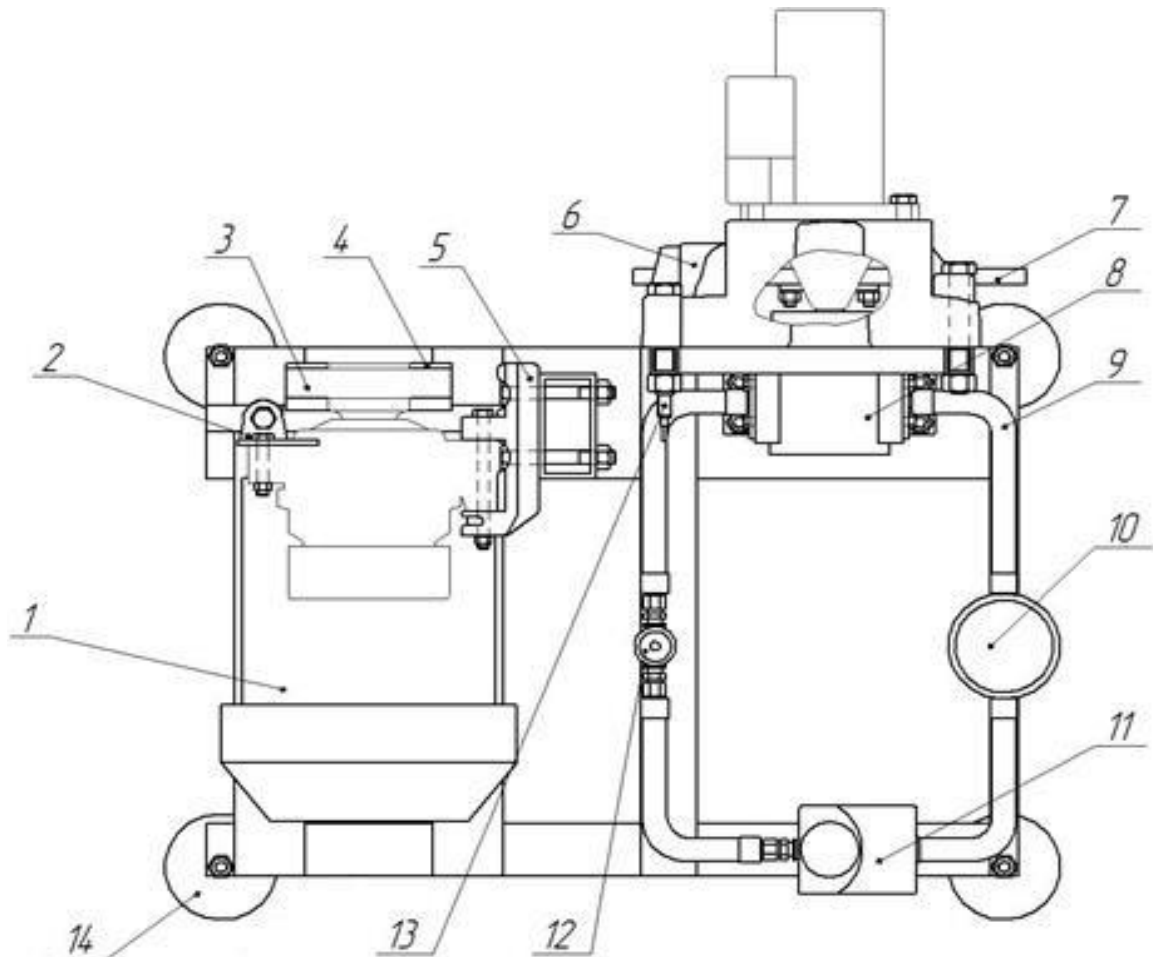


Рис. 3.14. Схематичне зображення стенда для діагностики генераторів і стартерів:

1 – електродвигун; 2, 5, 6 – опорні кронштейни; 3 – ремінний привід; 4 – шків 7 – маховик; 8 – гідравлічний насос; 9 – трубка високого тиску; 10 – масляний

резервуар; 11 – регулювальний кран; 12 – сенсор тиску масла; 13 – сенсор обертальної частоти; 14 – антивібраційна опора.

Стартер і генератор встановлюються у кронштейнах за допомогою болтового з'єднання та підключаються до панелі оператора. Після ввімкнення живлення оператор вибирає необхідний режим діагностики на панелі. Далі пристрій автоматично виконує діагностику агрегатів.

Експлуатація стенда має здійснюватися у закритих приміщеннях за температури не нижче 10 °C і не вище 35 °C, при відносній вологості повітря, що не перевищує 80 %.

Рекомендується використовувати стенд для діагностики генераторів і стартерів автомобілів.

Конструкція вузлів стенда розрахована на тривалу роботу з мінімальними витратами на обслуговування. Для забезпечення нормального функціонування стенда протягом усього терміну експлуатації необхідно періодично проводити профілактичний огляд і технічне обслуговування.

Перед початком експлуатації необхідно. очистити поверхні стенда від пилу, перевірити стан контактних з'єднань та, за необхідності, підтягнути їх;

виконати зовнішній огляд обладнання, звертаючи увагу на кріпильні елементи, цілісність корпусу, якість зварних швів та стан привідного ременя.

Усі виявлені несправності слід усунути без зволікань.

Зберігати пристрій рекомендовано у закритих приміщеннях з температурою від +5 °C до +40 °C та відотною вологістю повітря, що не перевищує 80 %.

У приміщенні, де використовується обладнання, не повинно бути пилу, парів кислот, лугів або газів, які можуть спричинити корозію металевих частин або пошкодження ізоляційних матеріалів.

Перевезення пристрою дозволяється виконувати будь-яким видом транспорту, що має закритий кузов, щоб забезпечити захист від зовнішніх впливів.

Стенд, який визнано непридатним для подальшого використання, повинен бути утилізований. Для цього його слід розібрати, розділивши на

компоненти з чорних, кольорових металів і неметалевих матеріалів. Процес утилізації має здійснюватися відповідно до правил, визначених споживачем.

Виробник гарантує, що характеристики стенда відповідають технічним вимогам, за умови, що користувач дотримується встановлених правил експлуатації, перевезення та зберігання пристрою. [10]

Гарантійний період використання стенда становить 12 місяців від дати придбання.

Виробник звільняється від відповідальності, не гарантує належну роботу обладнання та анулює гарантійні зобов'язання у наступних випадках:

- недотримання встановлених правил експлуатації;
- порушення вимог до транспортування або умов зберігання;
- самовільне внесення змін у конструкцію стенда чи його електричну схему з боку споживача;
- якщо причиною несправності стенда стали пожежа, природні катаклізми або інші форс-мажорні обставини.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Формулювання математичної моделі однополярного синхронного генератора для легкових автомобілів

Формулювання математичної моделі однополярного синхронного генератора для легкових автомобілів. Магнітопровід даного генератора складається з двох з'єднаних осьово структурних залізничних кілець, які інтегровані з корпусом статора та муфтою ротора з неламінованої сталі з низьким вмістом вуглецю. На статорі розміщено обмотку збудження, яка генерує магнітний потік, що транспортується через кільця, муфту статора на валу ротора та корпус статора [див. рисунок 4.1]. Зубці ротора модулюють магнітне поле, що дозволяє магнітному потоку взаємодіяти з полюсами якорної обмотки статора. У відсутності магнітів задіяно б лише половину полюсів для генерації крутного моменту. Втім, введення постійних магнітів між зубцями ротора забезпечує використання всіх полюсів обмотки якоря.

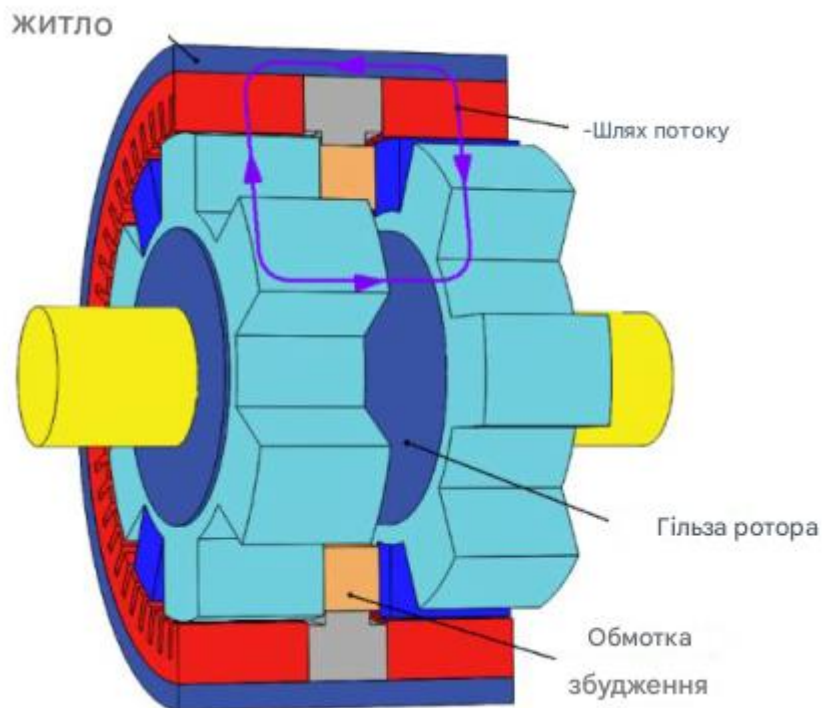


Рис. 4.1. Траєкторія магнітного потоку збуджувальної обмотки через корпус статора, залізні кільця та обойму ротора.

У розробленій математичній моделі представлено комплекс з g граничних двовимірних задач магнітостатики для аналізу магнітного поля у поперечному

перерізі залізних кілець та формулювання рівнянь магнітного контуру з концентрованими параметрами вздовж осі. Вибір діапазону кутів положення ротора ґрунтується на симетрії відносно зміщення на третину електричного періоду та циклічного переміщення фаз, що відповідає третині електричного періоду. Третина електричного періоду поділена на g сегментів, для кожного з яких на початку визначаються граничні умови. У даному дослідженні величина g становить 24. Як і у традиційних електричних машинах, можна припустити, що магнітне поле є однорідним вздовж осі та розміщене у поперечній площині. Відтак розв'язуються стандартні рівняння для двовимірних магнітостатичних задач.

$$\begin{aligned}\frac{\partial B_x}{\partial x} + \frac{\partial B_y}{\partial y} &= 0; \\ \frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} &= J_z,\end{aligned}\tag{4.1}$$

де J_z представляє z -компоненту густини струму, яка виявляється ненульовою лише в пазах статора, де розміщена обмотка; B_x та B_y визначають компоненти густини магнітного потоку; H_x та H_y є складовими магнітного поля. Характерною особливістю є присутність магнітного монополя, а саме: потік збудження, який проникає через внутрішню межу ротора та виходить через зовнішню межу статора (чи навпаки). Відтак, загальне вирішення закону Гаусса для магнетизму (2.1) може бути сформульоване наступним чином:

$$\begin{aligned}B_x &= \frac{\partial A_z}{\partial y} + \frac{\Phi x}{2\pi(x^2+y^2)}; \\ B_y &= -\frac{\partial A_z}{\partial x} + \frac{\Phi y}{2\pi(x^2+y^2)}.\end{aligned}\tag{4.2}$$

де A_z позначає z -компоненту векторного магнітного потенціалу; Φ описує лінійну густину магнітного заряду. Векторний магнітний потенціал A має ненульове значення тільки у напрямку осі z . У цих формулах, перші елементи справа типові для магнітостатичних завдань. Другі елементи визначають лінійну густину потоку магнітного монополя, що встановлюється згідно з наступним відношенням:

$$\Phi = \phi \cdot L_{\text{stator}}/2.\tag{4.3}$$

де L_{stator} вказує на повну довжину ламінованого набору статора. Розрахункова зона включає один сектор, який відповідає кроку між полюсами

генератора, із застосуванням періодичних граничних умов РІ та РІІ на границях цього сектора, як зображено на рисунку 4.2. Зміну кутового положення ротора відтворено не шляхом зміни геометрії розрахункової зони, а шляхом коригування з'єднувальної граничної умови на круглій лінії, яка знаходиться посередині повітряного зазору між ротором та статором. [7]

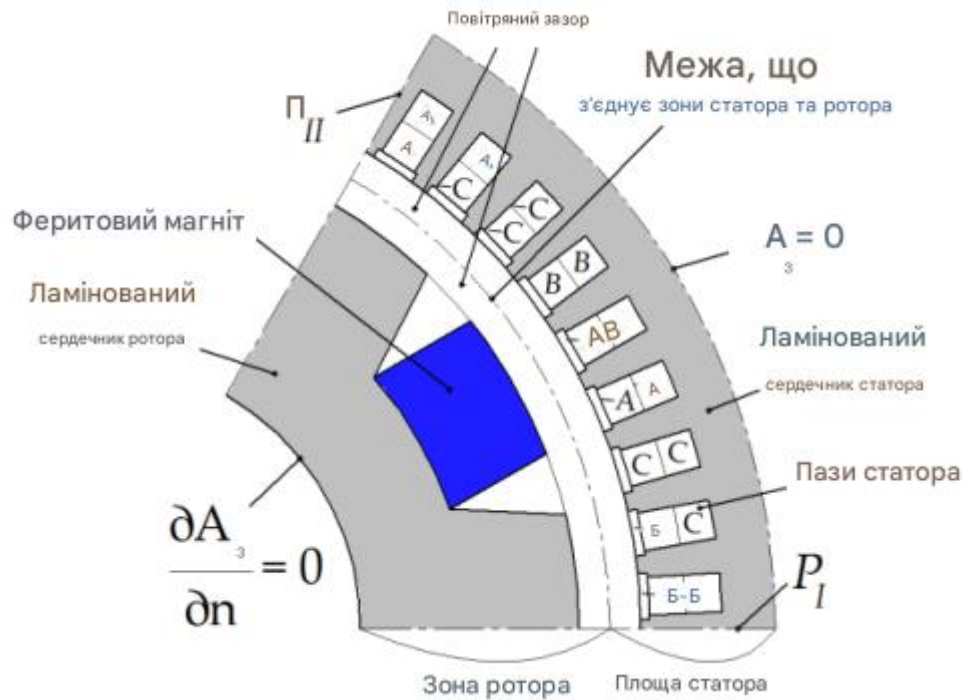


Рис. 4.2. Область для розрахунків.

В магнітостатичні рівняння вводяться конститутивні рівняння. Для магнітних стеків ротора та статора задається крива магнітної індукції $H(B)$. Для магнітів встановлюються значення залишкової магнітної індукції та магнітної проникності. У зонах обмотки якоря фіксується густина струму, а також розраховується потік, пов'язаний з обмоткою, необхідний для визначення напруги в обмотці якоря. Ротор обертається разом із обертовим магнітним полем, і у його стеку та обоймі відсутні вихрові струми. Оскільки обойма ротора є феромагнітною, нормальна похідна A_z на внутрішній межі роторного пакету дорівнює нулю (гранична умова Неймана). Натомість, магнітний потік "заморожений" у корпусі статора, і нормальна компонента магнітної індукції на зовнішній межі статорного пакету представлена виключно полем монополя. Так, для зовнішньої межі статорного пакету приймається гранична умова Діріхле $A_z = 0$. Враховуючи "замороженість" поля в корпусі статора, припускаємо незмінність магнітного заряду в часі. При розрахунку падіння

магнітної рушійної сили (МРС) між парою стеків ротора та статора використовуємо середнє значення для всіх граничних задач. МРС може бути обчислена як криволінійний інтеграл магнітного поля по будь-якій траєкторії від внутрішньої межі роторного пакету до зовнішньої межі статорного пакету. Як такі траєкторії можна вибрати радіальні сегменти. Однак, через дискретність методу скінченних елементів, точність таких інтегралів буде низькою. Тому краще усереднити значення цих інтегралів за азимутальним кутом. Таким чином, падіння МРС на одній парі ротора та стеків статора визначається за формулою:

$$F = \frac{p}{2\pi g} \sum_{i=0}^{g-1} \iint \frac{H_{xi} \cdot x + H_{yi} \cdot y}{x^2 + y^2} dS, \quad (4.4)$$

де інтеграція проводиться по усій зоні розрахунків. Формула для рівняння магнітного ланцюга вздовж осі виглядає наступним чином:

$$N \cdot I_{exc} = 2 \cdot F + F_{housing} + F_{sleeve}, \quad (4.5)$$

де I_{exc} означає струм збуджувальної обмотки; N вказує на кількість витків цієї обмотки; F представляє падіння магніторушійної сили (МРС) у кожному СЗРК; $F_{housing} = \lambda \cdot H_{housing}$ ($\Phi/S_{housing}$) визначає падіння МРС у корпусі статора; $F_{sleeve} = \lambda \cdot H_{sleeve}$ (Φ/S_{sleeve}) позначає падіння МРС на обоймі ротора; $H_{housing}$ та H_{sleeve} показують залежності магнітного поля від густини магнітного потоку в корпусі статора та обоймі ротора відповідно; $S_{housing}$ та S_{sleeve} - це площі поперечних перерізів корпусу та обойми; λ означає осьову відстань між СЗРК. Крутний момент, створений кожним СЗРК, та ЕРС, індукована в його обмотці якоря, є несиметризованими. Загальний крутний момент та ЕРС всієї машини дорівнюють сумі окремих крутних моментів та ЕРС кожного СЗРК. Вимірювання крутного моменту та ЕРС для всієї машини не потребує окремих розрахунків для кожного СЗРК. Припускається, що крутний момент другого СЗРК дорівнює першому, а ЕРС другого є інвертованою за знаком відносно першого, коли ротор зміщений на половину електричного періоду. Далі, регулярні коливання крутного моменту усієї машини називають симетризованою пульсацією. Окремі коливання крутного моменту одного СРВС є несиметризованими. Загальні втрати значною мірою залежать від втрат

у залізі. Тому вони оцінюються на кожному етапі оптимізації, що включає оцінку кожного дизайну, отриманого під час оптимізації, та розв'язання граничних задач. Для обчислення втрат у залізі застосовується стандартний алгоритм. [13]

4.2 Визначення цільової функції та параметрів для оптимізації

Аналогічно до тягових двигунів, генератор, встановлений під вагоном, є електричним агрегатом, що ефективно працює в широкому спектрі швидкостей, забезпечуючи сталу потрібну вихідну потужність. Втім, для генератора критично важливо підтримувати постійну електричну вихідну потужність. Швидкість обертання такого генератора наростає відповідно до збільшення швидкості поїзда. Спектр робочих швидкостей означеного генератора варіюється від 750 до 3450 об/хв, при цьому він має генерувати приблизно 35 кВт у даному діапазоні. Для полегшення процедури оптимізації прийнято, що механічна потужність генератора залишається незмінною і становить $P_{\max} = 40$ кВт, що більше за 35 кВт, враховуючи приблизно втрати генератора. В оптимізації беруться до уваги дві крайні точки: швидкість $n_1 = 3450$ об/хв з крутним моментом $T_{\max} \cdot n_2/n_1 = 111$ Н•м і швидкість $n_2 = 750$ об/хв з крутним моментом $T_{\max} = 510$ Н•м (див. рисунок 4.3).

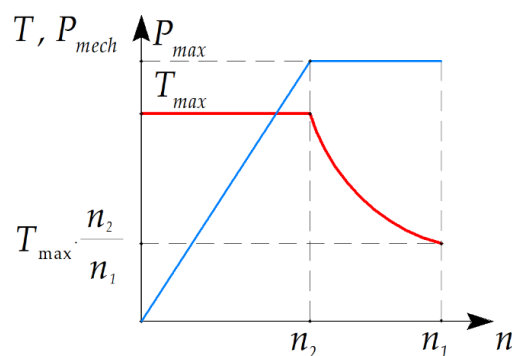


Рис. 4.3. Залежність необхідного крутного моменту та механічної потужності генератора від швидкості.

Виробникам генераторів для легкових автомобілів було рекомендовано підвищити енергетичну ефективність, а також важливо обмежити реактивний струм і коливання крутного моменту. Додатково, для запобігання вийому з ладу генератора, необхідно уникнути незворотньої демагнетизації постійних

магнітів на роторі. Таким чином, пріоритетними завданнями оптимізації, за порядком зменшення значущості, є мінімізація наступних параметрів:

Середні втрати $\langle P_{loss} \rangle$, розраховані як середні втрати в режимах з швидкостями 750 та 3450 об/хв; [18]

Максимально можлива величина фазного струму якоря I_{arm} ;

Максимальна симетризована пульсація крутного моменту (TR_{sym}) на всьому діапазоні робочих швидкостей;

Максимальна несиметризована пульсація крутного моменту (TR) на всьому діапазоні робочих швидкостей;

Обсяг незворотно демагнетизованих магнітів при максимальному струмі на швидкості 750 об/хв.

Конструкційна сталь 1010 (неламінована сталь, яка використовується для виготовлення деталей машин), використовується як матеріал неламінованих частин магнітопроводу. Оскільки точні значення кривої намагнічування та точка насичення цієї сталі не відомі та не вказані виробником, аби гарантувати, що падіння магніторушійної сили на корпусі статора та рукаві ротора є мінімальними порівняно з падіннями на СЗРК, густина магнітного потоку в цих частинах обмежена до 1.6 Т.

У даному дослідженні використовується метод Нелдера-Міда для однокритеріальної оптимізації конструкції СГО, що є добре відомим і входить до базового пакету MATLAB (функція "fminsearch"). Оскільки метод Нелдера-Міда є однокритеріальним, цільова функція формулюється як добуток окремих цілей, кожна з яких піднесена до степеня, що відображає її важливість. Оскільки метод є невідмежованим, обмеження також враховуються як окремі множники цільової функції. Щоб уникнути надто швидкого зменшення розміру симплексу та затримки процесу оптимізації, відповідні множники збільшуються швидко, а не ступінчасто, доки не будуть виконані умови обмежень ("м'які обмеження"). Використовувана цільова функція задається як:

$$F = \langle P_{loss} \rangle \max(I_{arm})^{0.7} \max(TR_{sym})^{0.025} \max(TR)^{0.01} f\left(\left(\frac{B_h}{1.6}\right)^5\right) f\left(\left(\frac{S_{demag}}{S_{mag}}\right)^{300}\right); \quad (4.6)$$

$$f(x) = \begin{cases} x, & x > 1 \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} ,$$

де $\langle P_{loss} \rangle$ вказує на середні загальні втрати (арифметичне середнє втрат P_{loss} на двох обраних робочих точках); $\max(I_{arm})$ - це максимальний струм якоря, що спостерігається на другій робочій точці (максимальний крутний момент; 750 об/хв); $\max(TR_{sym})$ представляє максимальне значення симетризованої пульсації крутного моменту; $\max(TR)$ - максимальне значення несиметризованої пульсації крутного моменту; B_h - густина магнітного потоку в корпусі статора та обіймі ротора на другій робочій точці; S_{demag} - площа демагнетизованих магнітів; S_{mag} - загальна площа магнітів. Для кращої ясності використовується натуральний логарифм (4.6).

У рівнянні (4.6) константи/ваги 1, 0.7, 0.025 та 0.01 визначають значущість певних цілей. Ці значення відображають приблизний рівень пріоритетності кожної з мет оптимізації, заснований на досвіді авторів у проектуванні подібних механізмів. Найважливіша мета має вагу один. Головна мета оптимізації - зниження середніх втрат, тому відповідний множник $\langle P_{loss} \rangle$ піднесено до найвищого ступеня. Константа 0.7 означає, що зменшення струму на 1% при 750 об/хв вважається настільки ж важливим, як зниження середніх втрат на 0.7%. Цілі зниження симетризованої та несиметризованої пульсацій крутного моменту мають значно меншу вагу. Константи 0.025 і 0.01 показують, що за інших рівних умов, конструкції з нижчою пульсацією крутного моменту вважаються більш бажаними. Останні два множники в функції (4.6) встановлюють м'які обмеження для густини магнітного потоку в неламінованих частинах магнітопроводу та площі незворотно демагнетизованих феритових магнітів. Константи 5 та 300 контролюють крутизну цих обмежень. Занадто малі значення можуть призвести до порушення обмежень, тобто до неприйняттого дизайну. Розрахунки показують, що оптимізований дизайн відповідає обмеженням (густина магнітного потоку в цих частинах не перевищує 1.6 Т; демагнетизуюча сила становить 3.9 кОе). Занадто великі значення ведуть до швидкого зменшення об'єму симплексу, що сповільнює процес оптимізації. [8]

Для полегшення процесу оптимізації та забезпечення можливості використання результатів для різноманітних типів обмоточних дротів з різними стандартними розмірами, як це вказано в, передбачається, що кількість витків у

шарах обмотки якоря, а також ширина та висота проводу, можуть бути будь-якими позитивними дійсними числами. Кількість витків обрана так, щоб відповідати амплітуді лінійної напруги V_{Z450} на робочій точці 40 кВт і 3450 об/хв (максимальна напруга) і становить 113 В. Також передбачено, що кількість паралельних гілок у обмотці становить шість. Параметри, які визначають дизайн генератора, демонструються на рисунку 4.4.

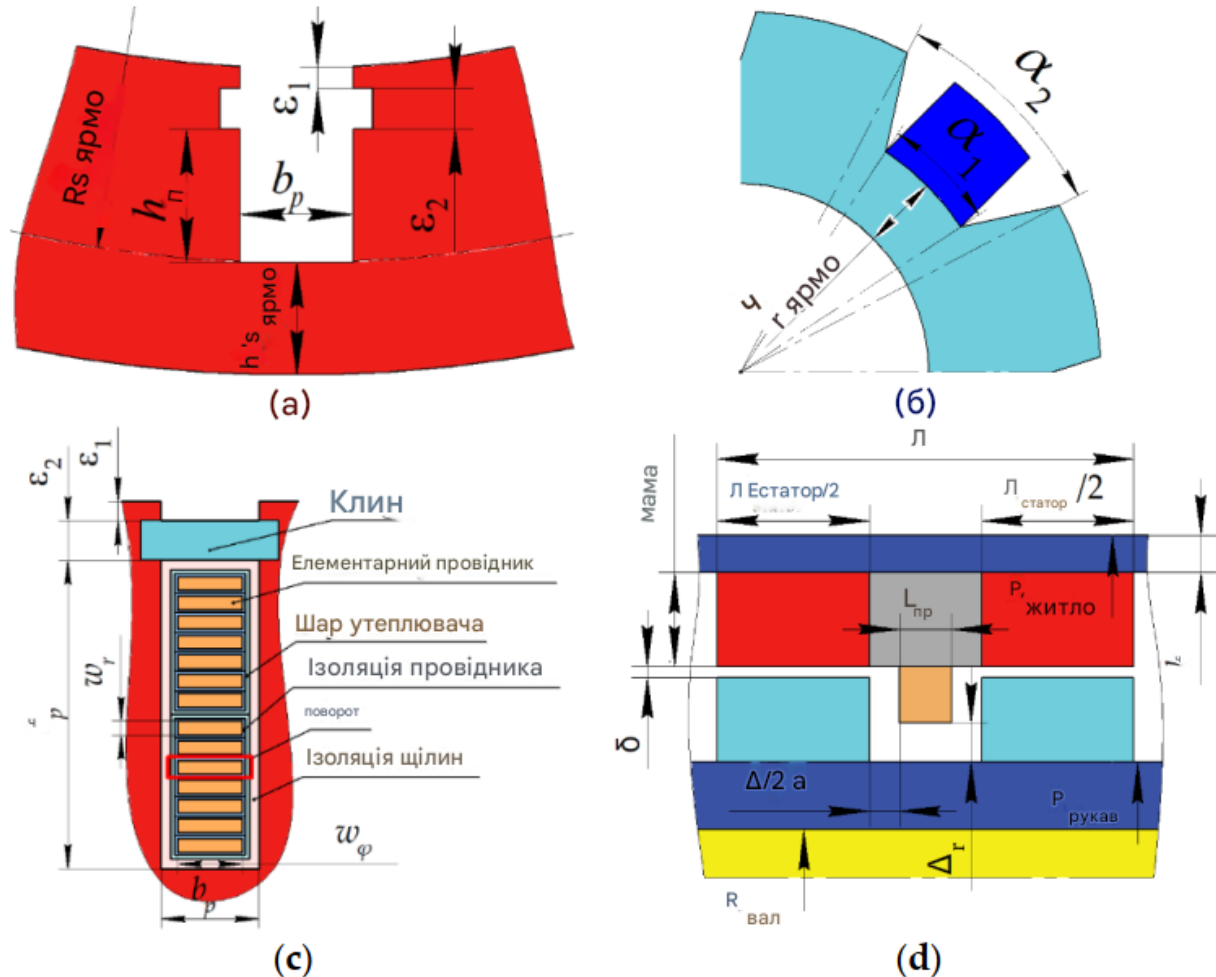


Рис. 4.4. Параметри конструкції синхронного гомопольярного генератора. (а) Параметри ядра статора; (б) Параметри ядра ротора; (с) Параметри обмотки якоря; (д).

Параметри в осьовому перерізі. Основні фіксовані параметри генератора відображені в Таблиці 4.1. Таблиця 4.2 демонструє параметри СГО, які були змінені під час оптимізації для первісного проекту та проекту, отриманого в результаті оптимізації. Метод Нелдера-Міда, який є методом оптимізації без обмежень, не передбачає встановлення діапазонів для параметрів оптимізації.

Оскільки метод Нелдера-Міда використовує локальний пошук, початковий дизайн не є абсолютно випадковим. Початковий дизайн був

розроблений за допомогою кількох підходів до ручної оптимізації.

Параметри, які змінювалися вручну для підвищення продуктивності, зниження насичення або уникнення порушення обмежень, включають:

Таблиця 4.1. Основні незмінні параметри генератора.

Характеристики	Значення
Довжина всіх ламінованих пакетів плюс осьові зазори між ними для монтажу збуджувальних котушок L , мм	150
Зовнішній діаметр корпусу статора, мм	370
Осьовий зазор між збуджувальними котушками та пакетом ротора Δa , мм	15
Радіальний зазор між збуджувальними котушками та гільзою ротора Δr , мм	12
Діаметр вала ротора, мм	40
Ширина задньої частини заліза ламінації статора $H_{\text{stator yoke}}$, мм	12
Ширина задньої частини заліза ламінації ротора $H_{\text{rotor yoke}}$, мм	9
Товщина клину статора, ε_2 , мм	1
Висота кінчика зуба статора ε_1 , мм	1
Кут струму при 750 об/хв, електричні радіани	0.1
Марка електротехнічної сталі	2412
Товщина електротехнічної сталі, мм	0.35

Таблиця 4.2. Початкові та оптимізовані вектори змінних параметрів оптимізації.

Характеристики	Початковий дизайн, x_0	Оптимізований дизайн, x
Товщина корпусу h , мм	15	11.07
Загальна довжина пакетів статора L_{stator} , мм	130	128.3
Глибина пазу статора h_p , мм	20	27.9
Ширина пазу статора b_p , мм	5	6.37

Ширина повітряного зазору δ , мм	2	0.91
Товщина пазу ротора, α_1	$0.5 \cdot t_z$ *	$0.481 \cdot t_z$ *
Товщина пазу ротора, α_2	$0.6 \cdot t_z$ *	$0.689 \cdot t_z$ *
Кут ослаблення поля при 3450 об/хв, електричний радіан	0.6	0.93
Відношення струмів ** при 750 об/хв	8	14.54
Відношення струмів ** при 3450 об/хв	8	9.76

Для зниження насичення, потрібно збільшити товщину найбільш насичених ділянок магнітного ядра. Наприклад, збільшення товщини допоможе знизити насичення в найбільш навантажених ділянках;

Для зниження загальних втрат важливо аналізувати втрати в окремих компонентах машини; [4]

Для зменшення втрат в обмотці якоря або обмотці збудження можна спробувати збільшити площу їхнього перерізу та інше.

Вал ротора виготовлено з немагнітного матеріалу. Оскільки магнітний потік однаково проходить через корпус статора і обойму ротора, їх поперечні перерізи вважаються однаковими. Через це зміна товщини корпусу статора призводить не лише до зміни зовнішнього діаметру статора, але й до зміни зовнішнього діаметру обойми ротора.

Прийнято, що коефіцієнт заповнюваності пазу якоря мідним дротом дорівнює 0.8. Ширина w_x та висота w_y прямокутного дроту обмотки якоря, які беруться до уваги при розрахунку її втрат на постійному струмі та втрат від вихрових струмів, включають товщини проводів та ізоляційного матеріалу:

$$b_p = w_x + a_x; h_p = 2 \cdot (w_y + \Delta w) \cdot N_{sec} + a_y, \quad (4.7)$$

В параметрах $a_x = 1.51$ мм, $a_y = 1.8$ мм, $\Delta w = 0.31$ мм враховано товщину ізоляції прямокутного шинопроводу та ізоляції пазів. Під час оцінки втрат в обмотці збудження, втрати від вихрових струмів не включаються. В умовах максимального крутного моменту, кут між центром зубця ротора та вектором струму статора, відомий як «кут струму», залишається сталим і становить 0.1

електричних радіанів, що підтверджено в Таблиці 1. Кут струму при максимальній швидкості також включено як параметр оптимізації, як показано в таблиці 4.2.

Рисунок 4.5 демонструє порядок виконання обчислень під час виклику цільової функції F (4.6). Відомий метод оптимізації 'fminsearch' програмного забезпечення MATLAB, який застосовує метод Нелдера-Міда без використання градієнтів. Процедура оптимізації $\text{fminsearch}(F, x_0)$ використовується для знаходження вектора x оптимізованих значень параметрів генератора, де x_0 представляє початкові значення параметрів генератора, згідно з таблицею 4.2.

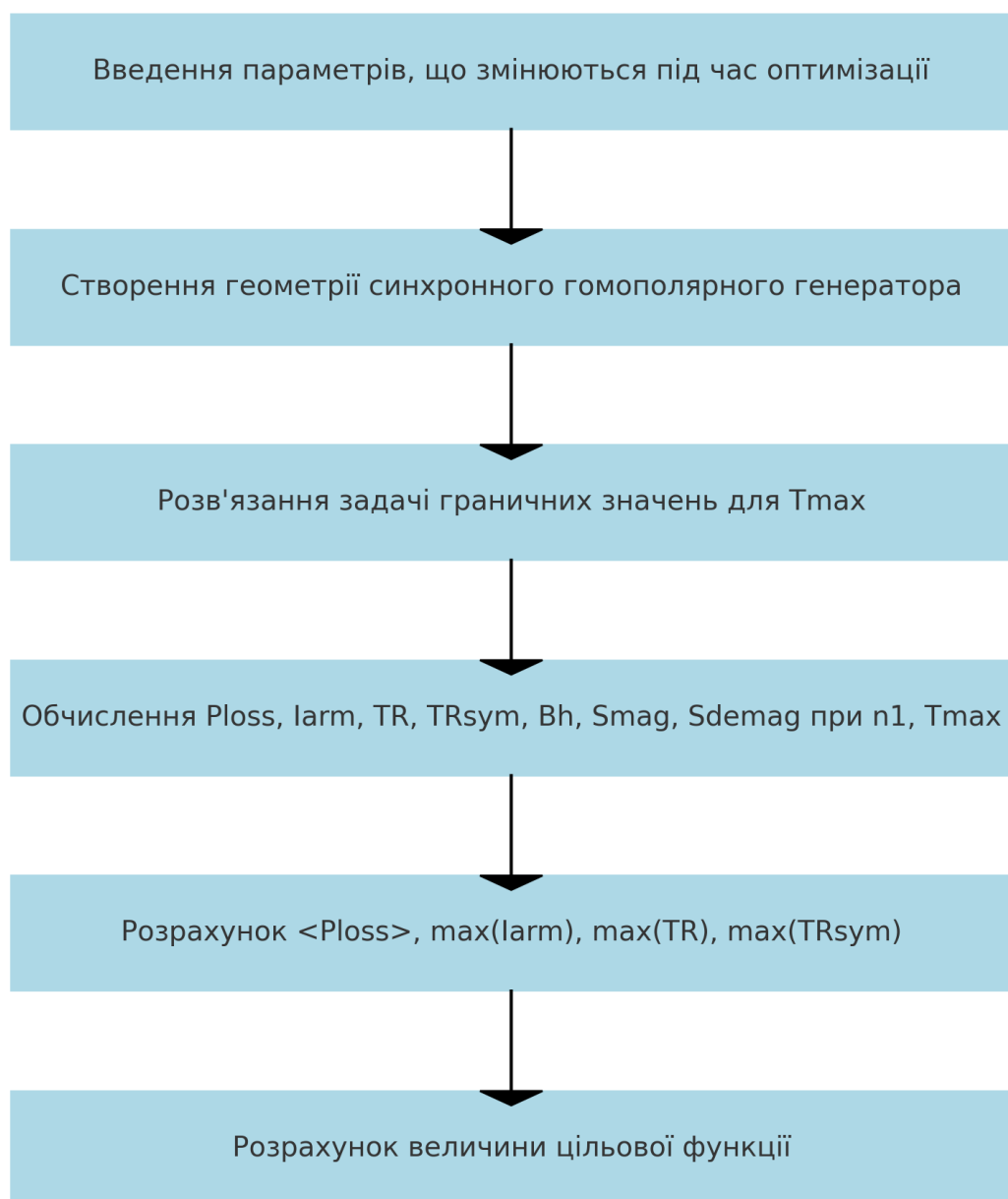


Рис. 4.5. Методика визначення ефективності СГМ протягом одного етапу оптимізації.

Функція цілі описана за формулою (4.6), а входні параметри наведені у таблиці 4.2.

Розвиток процесу оптимізації та порівняльний аналіз показників генератора до та після оптимізації. Завдяки оптимізації, значення функції цілі (4.6) наближається до мінімуму (див. рисунок 4.6). Обсяг симплексу може швидко знижуватися під час оптимізації, що призводить до уповільнення подальших кроків. Тому після 180-го виклику функції, метод Нелдера-Міда був перезапущений. Оптимальне рішення, що було знайдене, стало вихідною точкою для нового початку. Лінійні розміри симплексу при перезапуску зменшені вчетверо порівняно з первісним симплексом. Тривалість одного виклику функції становить приблизно 20 хвилин на ноутбучі з двоядерним процесором 2.70 GHz та 16 ГБ оперативної пам'яті.

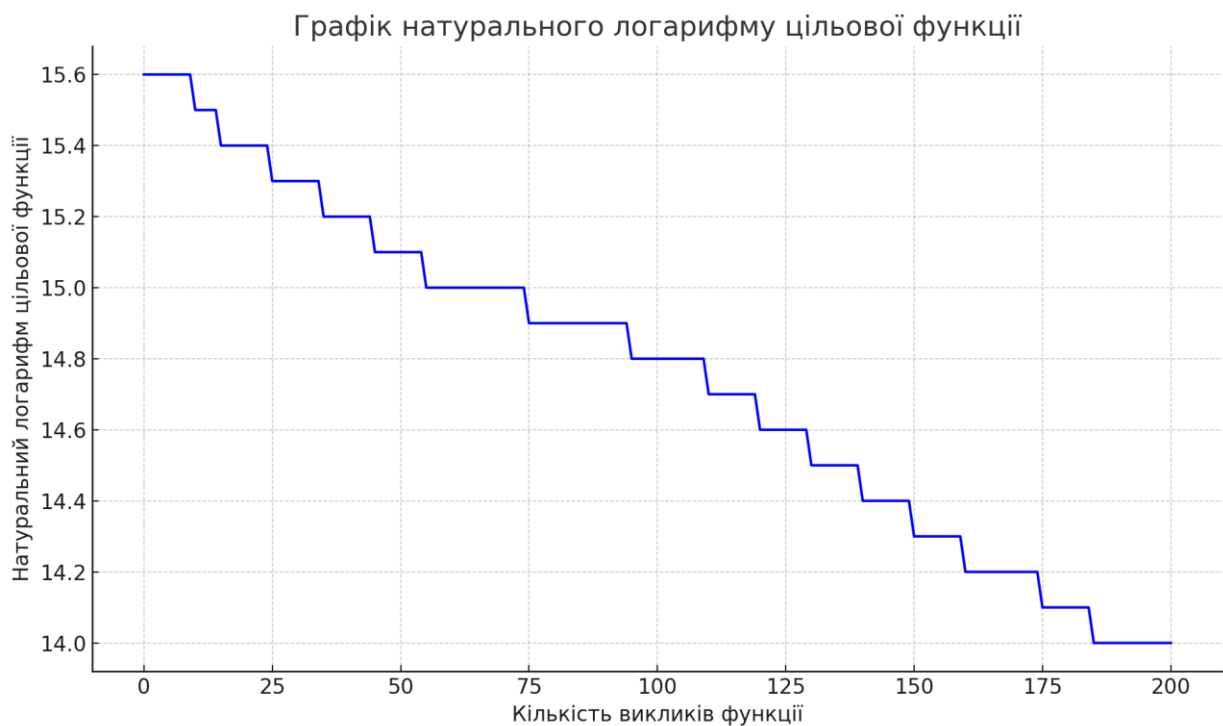
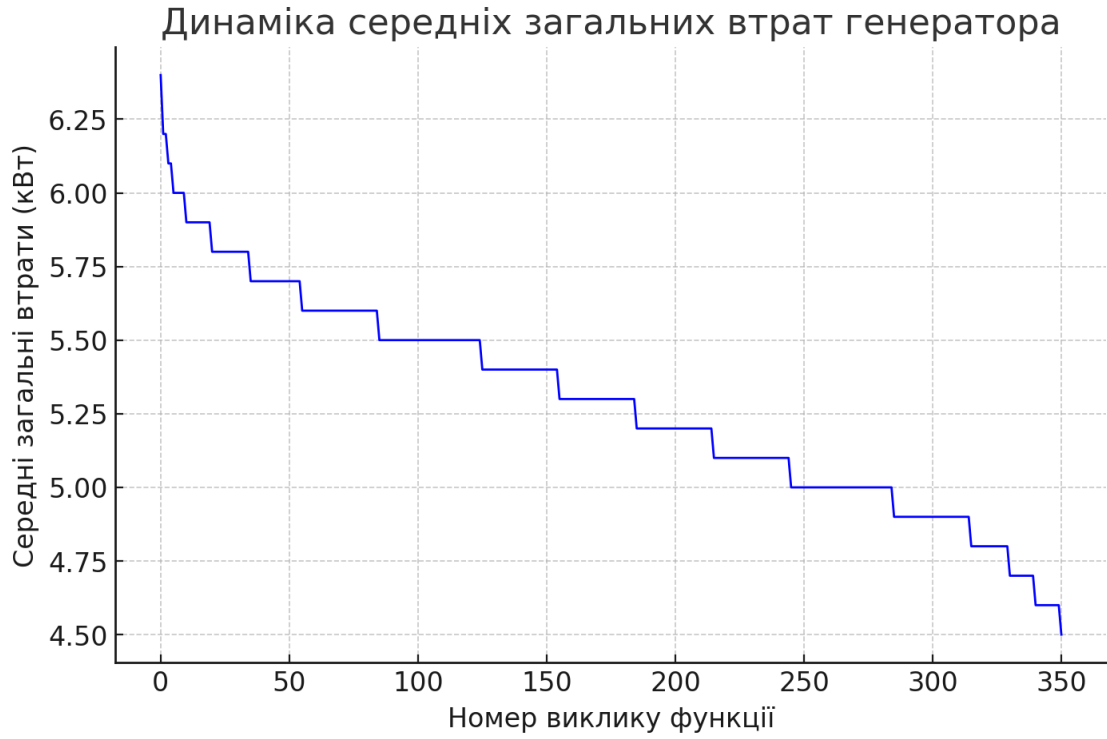


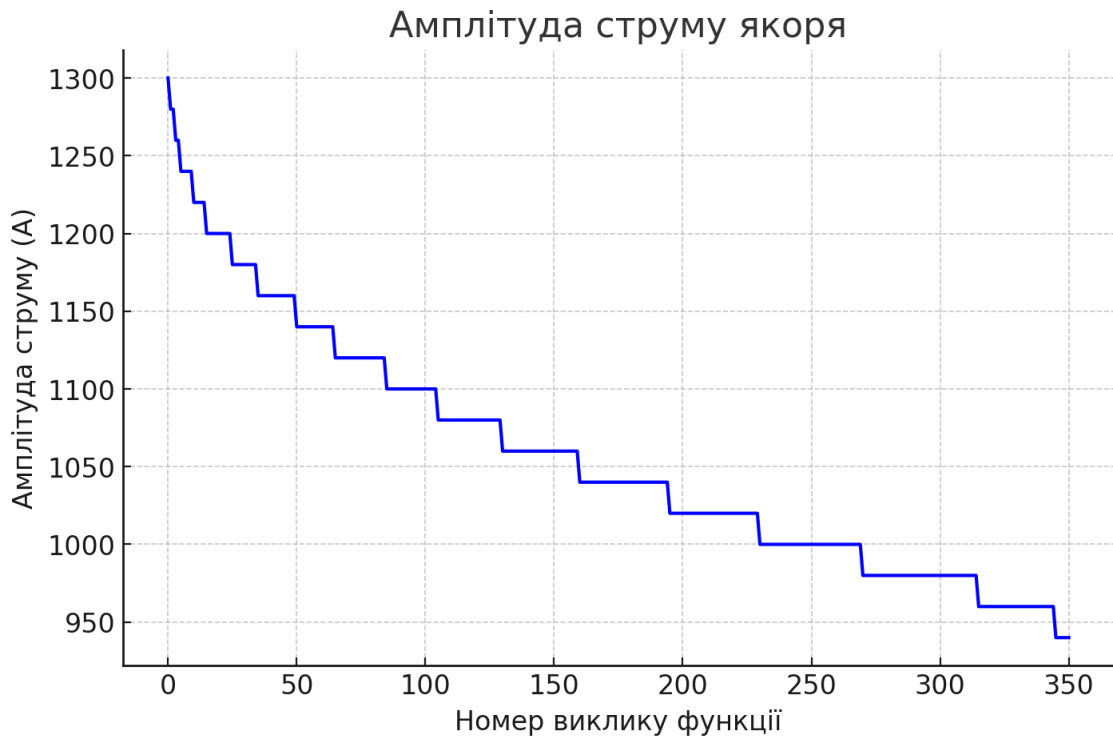
Рис. 4.6. Динаміка цільової функції (4.6) у процесі оптимізації.

Оптимізаційний процес сприяв значному скороченню середніх втрат у генераторі (рисунок 4.7 а) та максимальної величини вихідного струму (рисунок 4.7 б). Водночас, пульсація крутного моменту, що не підлягає симетризації та є ціллю з найнижчим пріоритетом за цільовою функцією (4.6), показала зростання своїх показників (рисунок 4.8 а). Натомість, шум та вібрації, які створює генератор в конструкції з'єднання з колесами, визначаються симетризованою пульсацією крутного моменту, яка була знижена (рисунок 4.8

б). Зниження симетризованої пульсації при одночасному зростанні пульсації, що не підлягає симетризації, свідчить про те, що крутні моменти окремих пар ротора та статора розташовані в антифазі. Це дозволяє нівелювати пульсації крутного моменту окремих СЗРК, як це видно на рисунку 4.9.

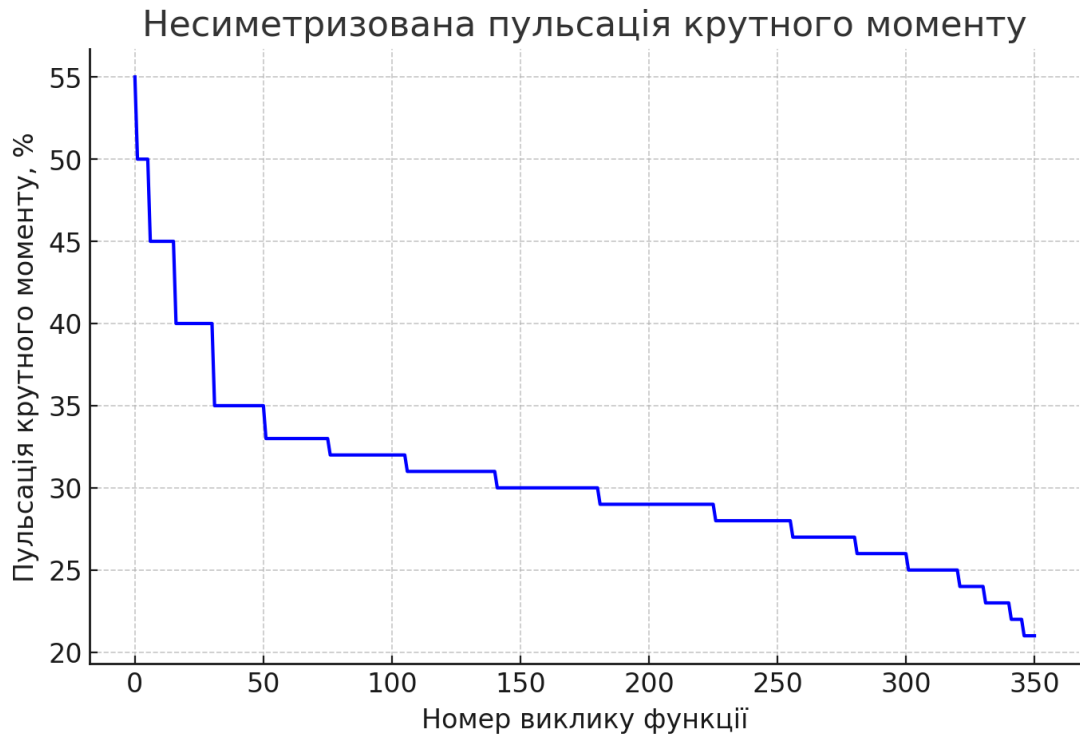


а

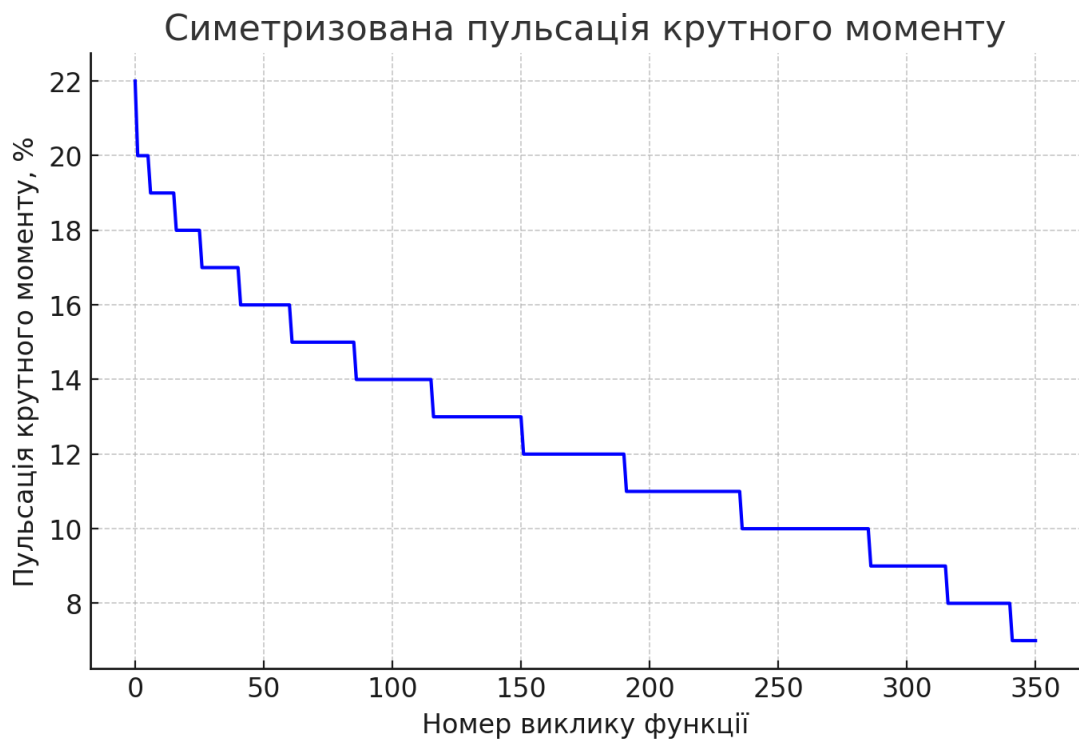


б

Рис. 4.7. Адаптація характеристик генератора в процесі оптимізації: (а) Зниження загальних втрат; (б) Пікове значення струму в обмотці якоря.

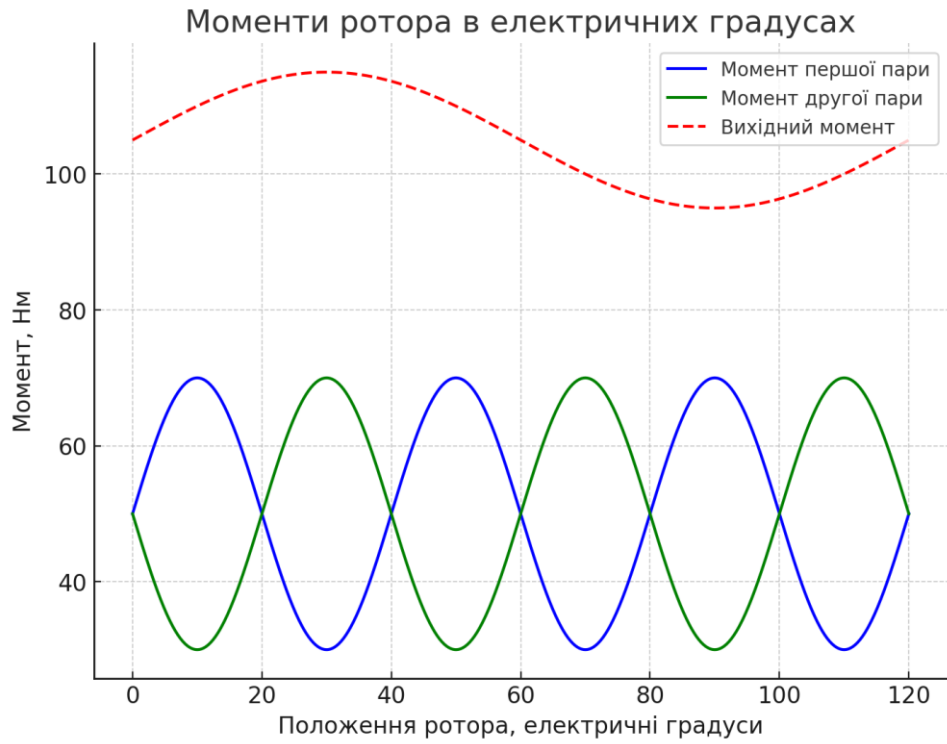


а

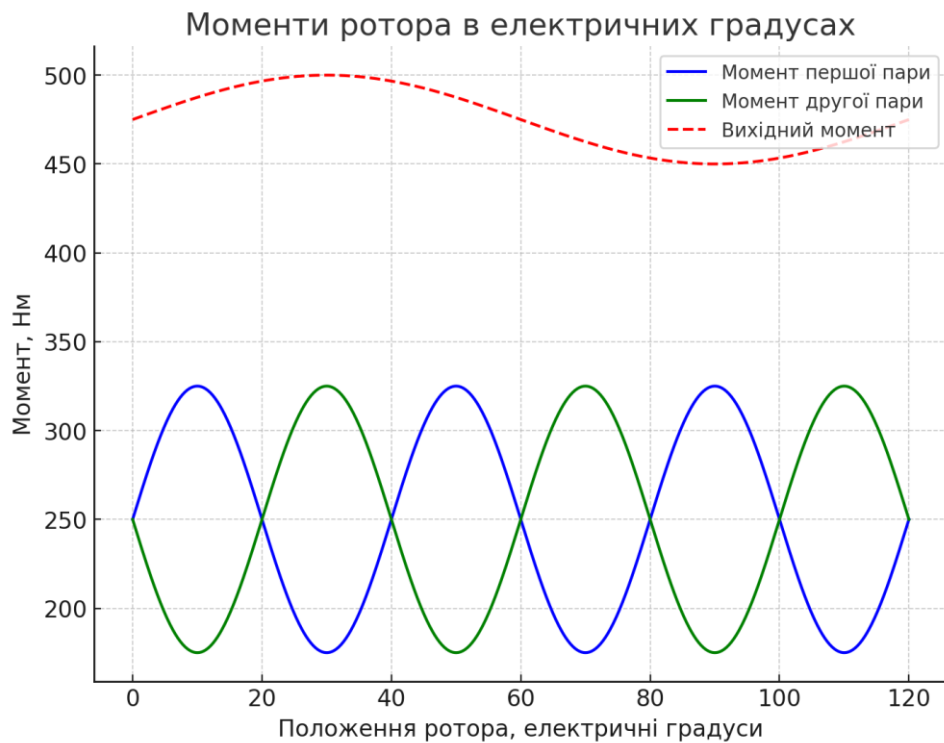


б

Рис. 4.8. Коригування параметрів генератора в ході оптимізації: (а) Пульсація крутного моменту без симетризації; (б) Вирівняна пульсація крутного моменту.



а



б

Рис. 4.9. Динаміка пульсації крутного моменту окремих СЗРК та їх вирівняна версія після оптимізації: (а) за умови 3450 об/хв; (б) за умови 750 об/хв.

Рисунки 4.10 та 4.11 демонструють структуру та розподіл густини магнітного потоку в СЗРК до початку та після завершення оптимізації відповідно. Примітки: * ККД генератора обчислюється за формулою $\eta = (P_1 - P_{ex})/P_{mech}$, де P_1 - активна потужність у обмотці якоря; P_{ex} - втрати в обмотці

збудження; P_{mech} - вхідна механічна потужність. Втрати, зумовлені підшипниками та повітряним тертям, не включаються до розрахунку ефективності; ** Загальні втрати визначаються як сума $P_{\text{loss}} = P_{\text{arm DC}} + P_{\text{arm AC}} + P_{\text{iron st}} + P_{\text{iron rt}} + P_{\text{ex}}$.

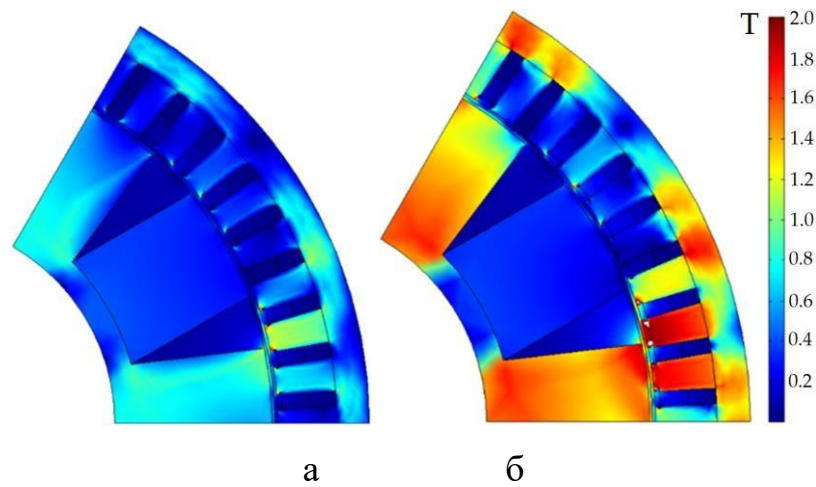


Рис. 4.10. Конфігурація сектора полюсів генератора у первісному проекті. Райони з густиною магнітного потоку понад 2 Т відзначені білим кольором: (а) за максимальної швидкості; (б) за максимального моменту.

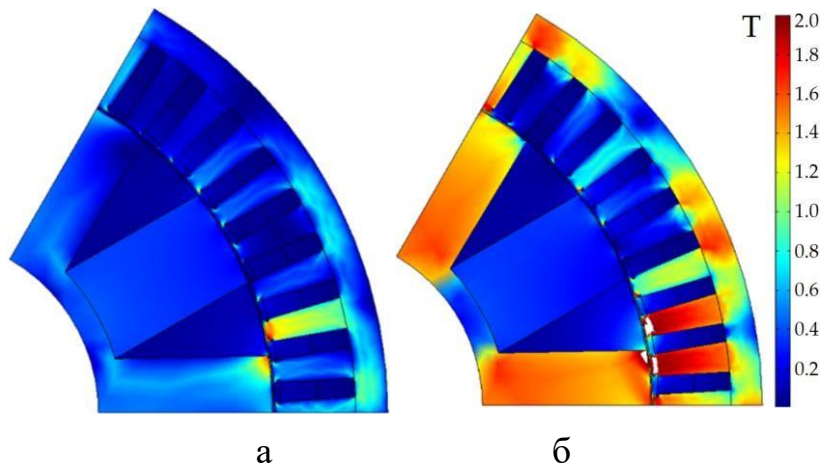


Рис. 4.11. Конфігурація сектора полюсів генератора у фінальному, оптимізованому проекті. Білим позначено зони, де густина магнітного потоку перевищує 2 Т: (а) при максимальній швидкості; (б) при максимальному моменті.

Аналіз рисунків 4.10. та 4.11. підтверджує, що в результаті оптимізації спостерігається значне збільшення висоти та площі пазів статора. Повітряний зазор значно зменшився. Також помітне зниження товщини зубів ротора та товщини магнітів у пазах ротора. З рисунків 4.12а та 4.12 б видно, що після оптимізації максимальна демагнетизаційна сила знизилася з 3 кОс до

приблизно 2.9 кОе, при цьому когерентна сила магнітів перевищує 3.9 кОе. З цього можна зробити висновок, що новий дизайн не створює загрози демагнетизації постійних магнітів.

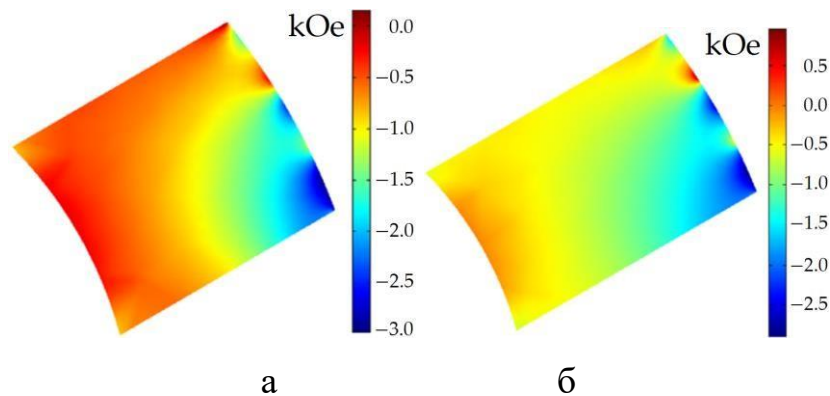


Рис. 4.12. Поле демагнетизаційної сили (у кОе), яке впливає на постійні магніти ротора при максимальному крутному моменті (на 750 об/хв): (а) до проведення оптимізації, де мінімальне значення становить -3.0 кОе; (б) після оптимізації, з мінімальним значенням -2.9 кОе.

Аналіз характеристик синхронного гомополярного генератора (СГГ) до і після оптимізації, відображений, веде до таких висновків:

Загальні енергетичні втрати знизилися на 16.9%, що розраховано як $(5.51 - 4.58)/5.51$; Струм в обмотці якоря при максимальному крутному моменті зменшився на 26.9%, визначено як $(957.7 - 700)/957.7$; Симетризована пульсація крутного моменту при максимальному крутному моменті на обертах 750 за хвилину знижена на 12.2%, обчислено за формулою $(9.8 - 8.6)/9.8$;

Коерцитивна сила використаного сорту феритових магнітів (Y30H-2) складає 3.9 кОе, що істотно перевищує демагнетизаційне магнітне поле у вдосконаленому проекті; Оптимізований СГГ із застосуванням феритових магнітів характеризується більшою насиченістю порівняно з первісною моделлю. Однак ризик демагнетизації феритових магнітів не зростає, оскільки підвищення їх висоти в результаті оптимізації компенсує збільшення магніторушійної сили обмотки збудження; Після оптимізації, завдяки введенню м'яких обмежень у функцію (4.6), густина магнітного потоку в неламінованих частинах не перевищує 1.6.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Електро- й пожежна безпека

Електробезпека. Широке застосування електрики на транспорті створює потенціальну загрозу ураження електричним струмом у разі безпосереднього стикання з оголеним проводом замкненого електричного кола. Ураження можливе також через ґрунт, на якому лежать оголені проводи, й на відстані - через провідники високої напруги за механізмом вольтової дуги. Може бути уражена й та особа, яка надає допомогу, якщо торкатиметься потерпілого незахищеними руками.

Електричний струм уражує всі відділи організму, спричинюючи механічні ушкодження, опіки, іонізацію тканин та інші патологічні зміни. Потерпілий, як правило, не може відірватися від проводу через сильне скорочення м'язів кінцівок. При цьому можливі додаткові травми (забите місце, опік тощо).

Щоб запобігти ураженню електричним струмом, використовують засоби колективного й індивідуального захисту, а також засоби додаткового захисту.

До засобів колективного захисту належать:

захисне вимикання аварійної мережі в цілому або її ділянки;

захисне заземлення, замулення електрообладнання;

застережні, заборонні, наказові, вказівні переносні щити;

ізолювальні прокладки, тимчасові переносні заземлення;

спеціальні знаки безпеки, сигналізація, блокування. До спеціальних засобів індивідуального захисту належать:

діелектричні рукавички, боти, калоші, килимки, ізолювальні підставки;

переносні безпечні світильники напругою 12...48 В, знижувальні трансформатори напругою 220/12 або 220/42 В, захисне заземлення.

До засобів додаткового захисту належать: + діелектричні доріжки;

захисні окуляри;

Ф спеціальні рукавички з важко займистої тканини;

захисні пристрої тощо.

Крім того, на працюючих накопичуються заряди статичної електрики, особливо в разі користування одягом із штучного волокна, вовни, взуттям із підшвами, що не проводять електричного струму, а також під час виконання ручних робіт із речовинами діелектриками й шліфувальною шкуркою.

Найпростіший і найнадійніший спосіб захисту від статичної електрики ~ заземлення технологічного обладнання, трубопроводів тощо. Необхідно передбачати також струмопровідні підлоги, антистатичні рукавички.

Перед початком роботи з ручним електроінструментом слід пересвідчитися в тому, що він справний і є захисне заземлення.

Для роботи з інструментом під напругою 127...220 В треба надіти захисні окуляри, гумові рукавиці, калоші й користуватися гумовим килимком або сухим дерев'яним стелажем.

Залишаючи робоче місце навіть ненадовго, слід вимкнути електроінструмент.

У разі виявлення будь-якої несправності електроінструменту, заземлювального пристрою або штепсельної розетки треба негайно припинити роботу.

У приміщеннях без підвищеної й особливої небезпеки використовуються світильники напругою 42 В. У приміщеннях з особливою й підвищеною небезпекою, в тісноті, в незручному положенні працюючого застосовуються переносні світильники місцевого освітлення напругою 12 В.

Пожежна безпека. Пожежі на авто підприємствах можуть виникнути з таких причин:

- порушення правил використання відкритого вогню, електричної енергії;
- виконання зварювальних робіт у приміщеннях і на територіях, захащених пальними матеріалами;

- використання непідготовленої техніки в пожежонебезпечних місцях;
- експлуатація несправних систем опалення, електродвигунів, електронагрівальних приладів;

- порушення норм зберігання пожежонебезпечних несумісних матеріалів, вибухонебезпечних речовин.

До організаційних протипожежних заходів належать:

розроблення правил та інструкцій з протипожежної безпеки;
організація вивчення цих правил та інструкцій;
визначення терміну, місця й порядку проведення протипожежного інструктажу;

організація належного протипожежного нагляду за об'єктами. За здійснення всіх протипожежних заходів на АТП відповідає особа з числа керівного складу.

Кожне автопідприємство повинне мати первинні засоби пожежегасіння, до яких належать:

внутрішні крани з пожежними рукавами й стволами;
вогнегасники пінні, вуглекислотні, порошкові;
ящики й бочки з піском, водою;
покривала азбестові, повстяно-азбестові, брезентові;
ручний пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири, пожежні відра тощо).

Правила застосування пожежного інструменту й вогнегасників вивчають на вступному та наступних (на робочому місці) інструктажах.

Усі проходи, проїзди й територію не можна захаращувати. Кількість автомобілів на стоянці має не перевищувати допустимої.

На території стоянки автомобілів забороняється: виконувати будь-які роботи із застосуванням відкритого вогню; заряджати акумуляторні батареї; палити; зберігати використаний обтирний матеріал.

Щ Розлите паливо або оливу треба негайно прибрати. Водій повинен стежити за справністю електрообладнання й пересвідчуватися, що не підтікає паливо. У разі спалахування автомобіля треба негайно видалити його із зони стоянки й вжити заходів для гасіння пожежі.

Якщо виникла пожежа, слід викликати пожежну команду.

5.2 Моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій

З метою забезпечення здійснення заходів із запобігання виникненню надзвичайних ситуацій в Україні проводяться постійний моніторинг і прогнозування НС.

Моніторинг НС - це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій від небезпечних процесів, які можуть призвести до загрози або виникнення надзвичайних ситуацій, а також своєчасного виявлення тенденцій до їх зміни.

Спостереження, лабораторний та інший контроль включають збирання, опрацювання і передавання інформації про стан навколишнього природного середовища, забруднення продуктів харчування, продовольчої сировини, води радіоактивними та хімічними речовинами, зараження збудниками інфекційних хвороб та іншими небезпечними біологічними реагентами.

Для проведення моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій в Україні створюється та функціонує система моніторингу і прогнозування НС.

Порядок функціонування системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій, їх проведення, перелік установ та організацій, які належать до суб'єктів моніторингу, спостереження, лабораторного контролю і прогнозування надзвичайних ситуацій, визначаються Кабінетом Міністрів України.

Суб'єкти моніторингу, спостереження, лабораторного контролю та прогнозування надзвичайних ситуацій на регіональному, місцевому та об'єктовому рівнях визначаються Радою Міністрів АР Крим, відповідними місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання. Створення і функціонування системи моніторингу ґрунтується на таких принципах:

узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових;

систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;

своєчасності отримання, комплексності опрацювання та використання інформації, що надходить і зберігається в системі моніторингу;

об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозованої інформації, оперативності її доведення до органів виконавчої влади, органів місцевого

самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства.

Діяльність системи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру є багатоплановою. Вона здійснюється багатьма організаціями (установами) з використанням різноманітних методів і засобів. Так, наприклад, моніторинг і прогноз подій гідрометеорологічного характеру здійснюється установами Держкомгідромету, який, крім того, здійснює моніторинг стану та забруднення атмосфери, води і ґрунту.

Сейсмічні спостереження і прогноз землетрусів у країні здійснюється системою сейсмологічних спостережень і прогнозу землетрусів, до якої входять установи і системи спостереження Національної академії наук, державної служби з НС (ДСНС), Міноборони і Мінрегіону України (Мінбуд).

Важливу роль у справі моніторингу відіграє Мінприроди України (Мінекології), яке здійснює загальне керівництво державною системою екологічного моніторингу.

Міністерство охорони здоров'я через територіальні органи санітарно-епідеміологічного нагляду організовує та здійснює санітарно-гігієнічний моніторинг і прогнозування у цій сфері.

Моніторинг стану техногенних об'єктів і прогноз аварійності здійснюють Держтехнагляд, Держатомрегулювання, а також наглядові органи у складі центральних органів виконавчої влади, у тому числі і ДСНС.

Силові структури здійснюють моніторинг зовнішніх дестабілізуючих факторів (збройних конфліктів, терористичних актів тощо).

Єдине інформаційне середовище для оперативного постачання даних такого моніторингу виконавцям, з метою прогнозування ризиків виникнення та розвитку сценаріїв НС, повинна забезпечувати Урядова інформаційно-аналітична система з питань НС (УІАС НС). Вона створена для інформаційно-аналітичної підтримки процесів підготовки, прийняття і контролю виконання управлінських рішень стосовно НС на основі комплексної обробки оперативних, аналітичних, нормативно-довідкових, експертних та статистичних даних від різних джерел.

Система забезпечує збір повного спектру інформації щодо НС від територіальних підрозділів ДСНС та централізований контроль над процесом збору цієї інформації. Система має програмний інтерфейс інтеграції з системами оперативно-диспетчерського управління (СОДУ). УІАС НС забезпечує збереження інформації в єдиній централізованій базі даних. Оперативночергові підрозділи центрального апарату ДСНС України за допомогою системи щоденно здійснюють моніторинг стану НС на території країни та формують довідки і оперативні звіти для керівництва органів виконавчої влади. Аналітичні підрозділи центрального апарату ДСНС України за допомогою системи вирішують задачі аналізу та прогнозування розвитку і виникнення НС. WEB-портал забезпечує спрощений доступ користувачів до централізованого інформаційного ресурсу системи. [20]

Таким чином, за допомогою УІАС НС вирішуються наступні задачі: інформування та моніторинг, аналіз та прогнозування, планування заходів і підготовка рішень, контроль за виконанням рішень та заходів.

Для України поки що залишається проблемою повна інтеграція суб'єктів такого загальнодержавного моніторингу в єдину систему розроблення, збору, накопичення і передачі моніторингової інформації. Тому законодавством визначаються завдання тільки для загальнодержавної системи спостереження і контролю через збирання, опрацювання і передачу інформації про забруднення харчових продуктів, продовольчої сировини, води радіоактивними, хімічними речовинами, мікроорганізмами та іншими біологічними реагентами.

Необхідно підкреслити, що якість моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій значною мірою впливає на ефективність діяльності у сфері зниження ризиків їх виникнення і зменшення їх масштабів.

Методичне керівництво та координація діяльності системи моніторингу і прогнозування НС на державному рівні здійснюється ДСНС, зокрема управлінням прогнозування, яке в перспективі має перетворитися на Службу прогнозування. Прогноз ризиків НС на території країни в цілому здійснює ДСНС у взаємодії з іншими центральними органами виконавчої влади.

Як свідчить багаторічний досвід, без урахування даних моніторингу і прогнозування НС неможливо планувати розвиток територій, приймати

рішення про будівництво промислових і соціальних об'єктів, розробляти програми і плани з попередження та ліквідації можливих НС.

Від ефективності і якості проведення моніторингу та прогнозування залежить ефективність і якість програм, планів, прийняття рішень щодо запобігання та ліквідації НС.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Загально-технічний розділ викладає основи типових несправностей генераторних установок та стартерів, а також методики їх виявлення і діагностики. Це є фундаментальною основою для подальших розділів, оскільки постановка завдань базується на визначених проблемах і потребах у вдосконаленні існуючих рішень.

Технологічний розділ розглядає практичне застосування знань для ремонту та обслуговування, що є критично важливим для забезпечення надійної роботи автомобільних установок. Технічний опис процесів діагностики та ремонту дозволяє розуміти, як теоретичні знання застосовуються на практиці.

Конструкторський розділ демонструє здатність студента до інноваційного підходу в розробці нових або вдосконалених технічних рішень, що покращують характеристики існуючих установок. Розрахунки ключових компонентів і технічні пропозиції вказують на глибоке розуміння студентом проектувальних процесів.

Науково-дослідний розділ включає розробку математичної моделі, що є основою для оптимізації і подальшого аналізу роботи генератора. Формулювання цільової функції і параметрів для оптимізації вказує на здатність студента до аналітичної роботи та розуміння складних технічних систем.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях забезпечує огляд заходів безпеки, що є важливим компонентом професійної діяльності в будь-якій інженерній галузі. Цей розділ показує відповідальний підхід до роботи з високовольтним обладнанням і пристроями.

Загалом, кваліфікаційна робота магістра є добре структурованою та комплексно підходить до вирішення актуальних питань діагностики, обслуговування, ремонту та оптимізації обладнання, з урахуванням аспектів безпеки. Робота демонструє глибоке розуміння спеціалізованих тем і вміння застосовувати теоретичні знання на практиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. О.Л. Ляшук, М.Г. Левкович, Д.В. Міронов, В.О. Тесля. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузі знань 27 «Транспорт». – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2023. – 60 с.
2. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Міронов, Л.М. Слободян, Р.М. Рогатинський Оптимальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин Збірник наукових праць. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск № 8(39)_II. - Кропивницький. - 2023. - С. 175-189.
3. Ляшук О. Л., Клендій В. М., Хорошун Р. В. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт». Тернопіль: Вид. ТНТУ, 2018. 302 с.
4. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
5. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
6. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
7. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
8. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.
9. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Основи теорії та динаміки автомобільних двигунів : підручник. – Харків : Точка, 2016. – 232 с.
10. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.
11. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник /

Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

12. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.

13. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.