

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**«Підвищення надійності та якості роботи приладів енергопостачання  
сучасних автомобілів»**

Рівень вищої освіти перший бакалаврський  
Галузь знань 27 Транспорт  
Спеціальність 274 Автомобільний транспорт  
Освітня програма Автомобільний транспорт

Шифр КвРАТ. 26 22096.000 ПЗ


Виконав студент 4 курсу група АТ-22-1



Підпис

Владислав НЕВІДОМИЙ


Керівник к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олег БАБАК

Нормоконтролер к.т.н., доцент каф. ТАМ



Підпис

Олег МАКОВКІН

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри ТАМ

10.06.2026

Дата



Підпис

Олександр ДИХА

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Галузь знань 27 – Транспорт

Спеціальність – 274 Автомобільний транспорт

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Освітньо-професійна програма – Автомобільний транспорт

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Духа О.В.

15 04 2026 року

## **З А В Д А Н Н Я** НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Невідомому Владиславу Вадимовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема роботи « Підвищення надійності та якості роботи приладів енергопостачання сучасних автомобілів »

керівник роботи Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 8 січня 2026р. № 7 (Д26)

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 10 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Матеріали переддипломної практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла дослідження; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
1. Критичний аналіз системи електропостачання автомобіля; 2. Стратегія управління рівнем напруги генератора на борту автомобіля за допомогою датчика струму; 3. Запропонована стратегія управління напругою заряду АКБ для автомобілів РЕНО за різної температури акумуляторної батареї в залежності від SOC.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)  
Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 15.04.26

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строки виконання	Примітка
1	<i>Літературний огляд</i>	<i>20.05.2026</i>	
2	<i>Технологічний розділ</i>	<i>25.05. 2026</i>	
3	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>30.05. 2026</i>	
4	<i>Оформлення розрахунково-пояснювальної записки</i>	<i>2.06. 2026</i>	
5	<i>Оформлення презентації кваліфікаційної роботи</i>	<i>5.06. 2026</i>	
6	<i>Нормоконтроль кваліфікаційної роботи</i>	<i>9.06. 2026</i>	
7	<i>Підписання розділів. Затвердження дати захисту</i>	<i>10.06. 2026</i>	

Студент

Керівник роботи

  
 Підпис

  
 Підпис

Владислав НЕВІДОМИЙ  
 Ім'я, прізвище

Олег БАБАК  
 Ім'я, прізвище

## РЕФЕРАТ

Випускнуну кваліфікаційну роботу виконано студентом гр. АТ 22-1 Невідомий Владислав Вадимович на тему: «Підвищення надійності та якості роботи приладів енергопостачання сучасних автомобілів».

Таким чином, проблема дослідження полягала в тому, щоб знайти ефективний спосіб покращити характеристики автомобіля та підвищити надійність системи електропостачання.

Мета дослідження: розробка технологій і програмного забезпечення, які підвищують надійність і якість роботи автоматизованих систем енергопостачання сучасних автомобілів.

Для досягнення цієї мети було поставлено ряд завдань, зокрема: 1. Критичний аналіз системи електропостачання, управління та керування автоматизованими системами автомобілів.

2 теоретичне та експериментальне дослідження комплексного рішення для системи електропостачання, контролю та керування основними автоматизованими системами, які використовуються в сучасних автомобілях.

3 Розробка комплексного рішення для системи електропостачання, спостереження та керування основними автоматизованими системами сучасних автомобілів, формулювання результатів і пропозицій

Розробка методу управління рівнем напруги генератора автомобіля за допомогою датчика струму є новизною роботи.

Практична значущість: запропоновано недорогий метод керування генератором, який збільшує термін служби акумуляторної батареї, захищає стартер від короткого замикання та покращує динаміку автомобіля.

Об'єкт дослідження: процеси енергопостачання, управління та регулювання параметрів і характеристик автоматизованих систем автомобілів сучасного типу.

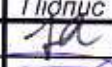
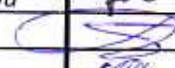



Дослідження стосується сучасного легкового автомобіля РЕНО.

Кваліфікаційна робота містить 73 сторінок машинописного тексту з рисунками та таблицями, а також список використуваних джерел із 21 найменувань, вступ, три розділа та висновки.

Ключові слова: КЕРУВАННЯ ГЕНЕРАТОРОМ, СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ, АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Критичний аналіз системи електропостачання автомобіля.....	9
1.1 Система автомобільного електропостачання.....	9
1.2 Акумуляторна батарея.....	11
1.3 Генераторна установка.....	14
1.3.1 Випрямні блоки.....	19
1.3.2 Регулятор напруги.....	21
1.4 Управління системою.....	23
1.4.1 Мікропроцесорні системи автомобіля.....	23
1.4.2 Керуючим пристроєм у системі керування двигуном (КСУД).....	24
1.4.3 Обмін даними в мікропроцесорній системі керування .....	26
2. Стратегія управлінням рівнем напруги генератора на борту автомобіля за допомогою датчика струму.....	32
2.1 Аналіз датчика струму.....	32
2.1.1 Конструкція датчика струму.....	34
2.1.2 Вимірювання датчика струму.....	34
2.1.3 Обмін даними між датчиком та КСУД.....	35
2.1.4 Переваги використання датчика струму .....	36
2.2 Захист стартера від режиму короткого замикання.....	38
2.3 Недоліки використання датчика струму.....	38
2.3.1 Економічна складова.....	39
2.3.2 Спостереження у реальному часі.....	39

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Невідомий			Вдосконалення технології листового штампування лонжерона легкового автомобіля	Літ.	Арк.	Акрюшіє
Перевір.		Бабак					4	73
Реценз.						ХНУ група АТ 22-1		
Н. Контр.		Маковкін						
Затверд.		Диха						

2.4	Аналіз стратегії управління напругою заряду АкБ фірмою РЕНО.....	42
2.4.1	Визначення «нормального рівня» заряду акумулятора .....	42
2.4.2	Стратегії управління напругою заряду АкБ фірмою Renault.....	46
2.5	Алгоритм системи підтримки рівня напруги бортової мережі	
Audi A-3	.....	50
2.5.1	Управління навантаженням.....	50
2.5.2	Визначення стану навантаження.....	50
2.5.3	Заходи щодо регулювання навантаження.....	51
2.5.4	Відключення споживачів системи комфорту.....	51
3.	Запропонована стратегія управління напругою заряду АкБ для автомобілів РЕНО за різної температури акумуляторної батареї в залежності від SOC.....	54
3.1	Стратегія управління генераторною установкою.....	57
3.2	Функція рекуперації при гальмуванні автомобіля .....	58
3.2.1	Режим "Kick down" .....	60
3.2.2	Умови застосування додаткових режимів генераторної установки.....	60
3.2.3	Управління генераторною установкою.....	62
3.2.4	Додаткові функції LIN регулятора.....	65
3.2.5	Алгоритм системи підтримки рівня напруги бортової мережі для автомобілів РЕНО.....	66
3.3	Опис алгоритму регулювання напруги.....	68
	Висновок.....	70
	Список використаної літератури.....	71
	Додатки.....	73

## Вступ

Автомобілі завжди швидко переміщували людей і вантажі за різними дорогами та місцевостями. Усі сфери життя країни залежать від транспорту. Автомобільний транспорт є життєво важливим для будь-якої державної установи, промислового підприємства, будівельної організації чи військової частини. Цей вид транспорту перевозить як вантажі, так і пасажирів. Автомобілі стали традиційним способом відпочинку, пересування та туризму. Життя без власного легкового автомобіля стало абсолютно нереальним.

Електроніка є важливою частиною сучасного автомобілебудування. Якість автомобіля в основному залежить від насиченості автомобіля електронними системами управління та приладами, яка з кожним роком зростає.

Авто-електроніка є однією з найбільш привабливих сфер світового ринку електронних компонентів для інвестування. У автомобільній промисловості споживання електронних компонентів різного ступеня інтеграції продовжує зростати. З іншого боку, несприятливі економічні елементи мало впливають на це зростання.

Впровадження електроніки в систему електропостачання автомобіля може призвести до низки складних проблем, таких як низька якість електроенергії в бортовій мережі автомобіля, підвищена потужність через збільшення насиченості електронікою в автомобілі тощо.

Параметри якості, які впливають на надійність електроніки автомобіля, включають пульсації, імпульси та перехідні відхилення напруги. Основними джерелами інформації про параметри транспортного засобу є система запалювання, приймачі енергії та генераторна установка. Пульсації, імпульси та перехідні відхилення, що проходять через бортову мережу, можуть негативно впливати на роботу радіоелектронних пристроїв та електронних

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

пристроїв, розташованих на шасі автомобіля та включених до його електрообладнання.

У будь-який час установка генератора була важливою частиною системи електропостачання автомобіля. Тим не менш, генератори також змінювалися відповідно до того, як змінювалися потреби та попит на електроенергію. Сучасні автомобілі мають все більше електрообладнання, яке вимагає живлення від генератора. Це, безсумнівно, підвищує вихідну потужність. При цьому необхідно враховувати обмеження, пов'язані зі зниженням питомої ваги цієї речовини та дотриманням дедалі більш суворих екологічних стандартів.

Статистика дорожньо-транспортних пригод ADAC свідчить про те, що 40% несправностей транспортних засобів спричинені електричною системою автомобіля. Приблизно 60% випадків цих дефектів призводять до пошкодження акумуляторної батареї. Непряме слідство просте: чекати допомоги, запізнюватися. У природі стартерна батарея старіє. Водії зазвичай не знають, наскільки заряджений акумулятор. Його заміна необхідна лише тоді, коли акумулятор перестає працювати, або безпосередньо перед цим. Німецький автомобільний клуб ADAC повідомляє, що найпоширенішими причинами несправностей є розряджений або несправний акумулятор. Майже в усіх інших деталях спостерігається покращення статистики збоїв. Як повідомляє той самий клуб ADAC.

У 2019 році майже кожна третя поломка автомобілів була пов'язана з акумулятором, що сів або несправним. Практика показує, що стартерні акумулятори працюють довго, якщо вони підтримують ступінь зарядженості 75–95%. Рівень напруги бортової мережі має бути оптимізований відповідно до потреб акумуляторної батареї, щоб збільшити термін служби батареї та зменшити кількість відмов під час гарантійного періоду.

Таким чином, проблема дослідження полягала в тому, щоб знайти ефективний спосіб покращити характеристики автомобіля та підвищити

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

надійність системи електропостачання.

Мета дослідження: розробка технологій і програмного забезпечення, які підвищують надійність і якість роботи автоматизованих систем енергопостачання сучасних автомобілів.

Для досягнення цієї мети було поставлено ряд завдань, зокрема: 1. Критичний аналіз системи електропостачання, управління та керування автоматизованими системами автомобілів.

2 теоретичне та експериментальне дослідження комплексного рішення для системи електропостачання, контролю та керування основними автоматизованими системами, які використовуються в сучасних автомобілях.

3 Розробка комплексного рішення для системи електропостачання, спостереження та керування основними автоматизованими системами сучасних автомобілів, формулювання результатів і пропозицій

Розробка методу управління рівнем напруги генератора автомобіля за допомогою датчика струму є новизною роботи.

Практична значущість: запропоновано недорогий метод керування генератором, який збільшує термін служби акумуляторної батареї, захищає стартер від короткого замикання та покращує динаміку автомобіля.

Об'єкт дослідження: процеси енергопостачання, управління та регулювання параметрів і характеристик автоматизованих систем автомобілів сучасного типу.

Дослідження стосується сучасного легкового автомобіля РЕНО.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

## 1. Критичний аналіз системи електропостачання автомобіля

Перед початком розробки програм і пристроїв для підвищення надійності та якості системи електропостачання автоматизованих систем сучасних автомобілів необхідно провести критичний аналіз системи електропостачання автомобіля. Розгляньте кожен об'єкт системи, щоб визначити, які частини найбільш важливі та потребують корекції.

По-перше, розглянемо, що таке система електропостачання автомобіля та які компоненти входять до неї.

### 1.1 Система автомобільного електропостачання

Всі частини електроустаткування автомобіля поділяються на дві категорії: споживачі електроенергії та джерела електричної напруги, тобто система електропостачання автомобіля.

Електроспоживачі — це пристрої в сучасних автомобілях, які працюють за допомогою електрики.

Електроспоживачі — це пристрої, які створюють систему електроустаткування автомобіля та джерела електроенергії.

Основними споживачами системи електропостачання автомобіля є мікропроцесорна система керування упорскуванням і запалюванням, система освітлення та сигналізації, система запалювання та контрольовано-вимірювальні прилади.

Система електропостачання автомобіля розроблена для живлення всіх електроспоживачів, які виконують функції, призначені для оптимальної роботи транспортного засобу. Системи електропостачання автомобілів складаються з акумуляторних батарей і генераторних установок.

група пристроїв, які дозволяють зберігати та виробляти

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

електроенергію високої якості, розподіляти та передавати її всім споживачам системи, які виконують функції транспортного засобу, необхідні для нормальної роботи.

Система електропостачання складається з:

- генераторна установка та акумуляторна батарея, що є джерелами електричної енергії;
- пристрої для регулювання;
- реле та контрольна лампа або одна контрольна лампа, які є елементами керування та захисту від можливих аварійних режимів.

З технічної точки зору використання електронних та електричних пристроїв для функціонування різних систем, приладів і елементів транспортного засобу дуже зручно, оскільки отримання електроенергії за допомогою перетворення різних видів енергії дозволяє її легко передавати на відстань і використовувати за призначенням без будь-якої обробки.

Було прийнято, щоб електроприлади автомобілів постачалися постійним струмом з напругою 12 або 24 В.

У зв'язку з тим, що більшість елементів транспортного засобу є металевими та добре проводять струм, система електрообладнання працює за однопровідною схемою. Крім того, оскільки транспортний засіб використовується для паралельного включення електроприладів, схема є однопровідною. Деталі автомобіля, які складаються з металу, наприклад його корпус, називають масою. Рисунок 1 ілюструє систему електропостачання автомобіля.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

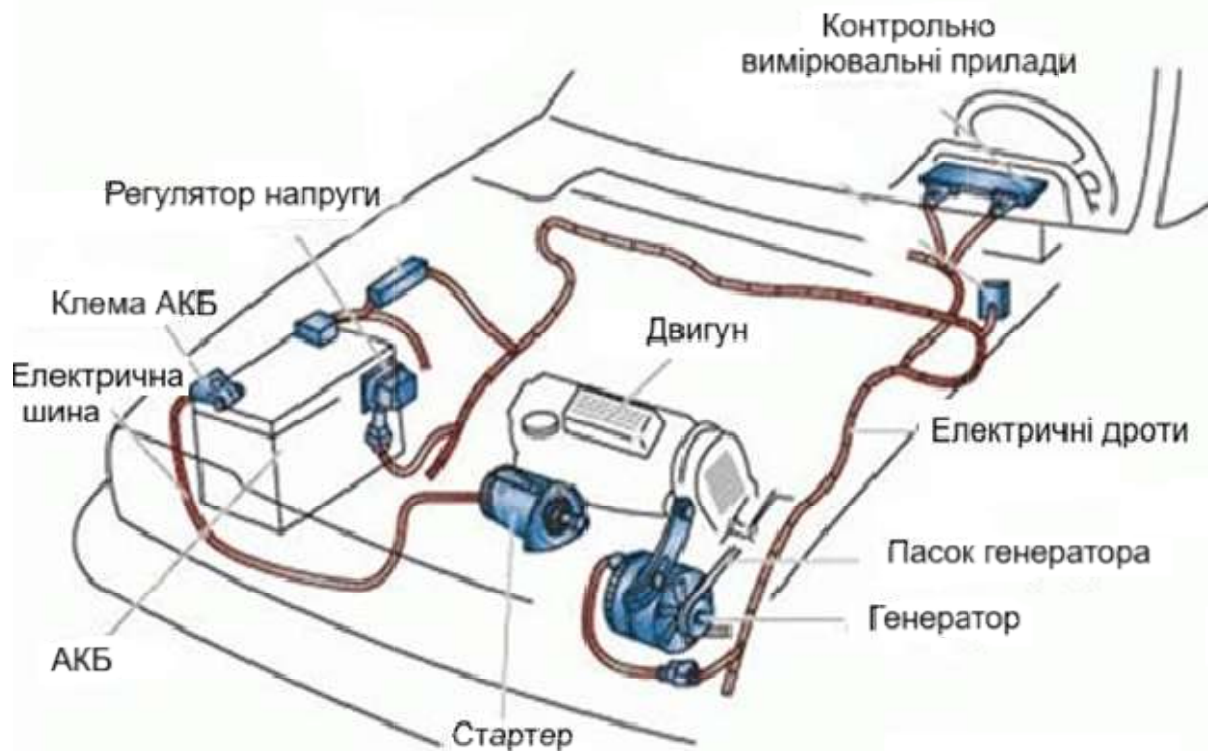


Рисунок 1 – Система електропостачання автомобіля

- Після того, як ми дізналися, що таке система електропостачання, ми розглянемо кожен компонент системи електропостачання автомобіля:

- акумуляторна батарея,
- генераторна установка,
- елементи управління та захисту.

## 1.2 Акумуляторна батарея

У першому випадку акумуляторна батарея постачає електрику електроспоживачам, електростартеру при запуску двигуна автомобіля або електроспоживачам, коли генераторна установка не працює. У другому випадку генераторна установка та акумуляторна батарея працюють разом. Електростартер споживає найбільше енергії з акумуляторної батареї. При роботі в режимі стартера конструкція та тип акумулятора визначають

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

його класифікацію. Рисунок 2 показує структуру акумуляторної батареї. Свинцеві акумуляторні батареї використовують як стартерні для автомобілів.

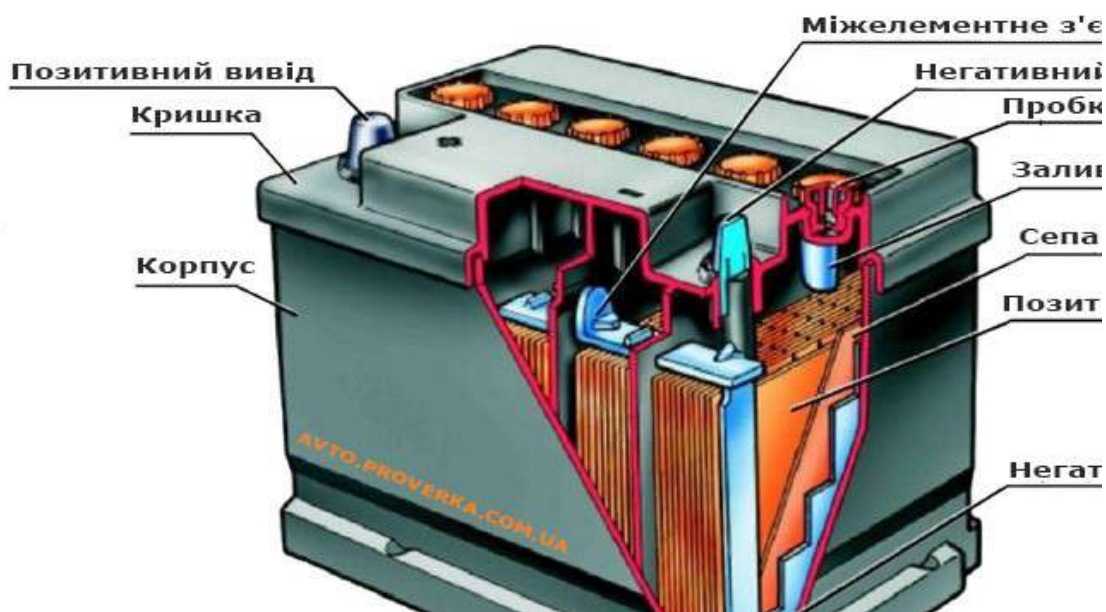


Рисунок 2 – Конструкція акумуляторної батареї

В системі електропостачання акумуляторна батарея працює разом з генератором автомобіля, щоб запобігти перевантаженню та перенапрузі. Після розряду акумуляторна батарея заряджається на електростартер та інші електроспоживачі автомобіля з певним рівнем регульованої напруги від генераторної установки. При розряді генераторна установка повинна виробляти цю частину електроенергії.

Циклування — це функція акумуляторної батареї, яка дозволяє чергувати режими розряду та заряду акумуляторної батареї.

Акумуляторна батарея використовується в системі електропостачання автомобіля та інших системах електрообладнання.

На термін служби та експлуатацію прямо впливають параметри, такі як температура навколишнього середовища, рівень вібрації та трясіння, періодичність, обсяг і якість технічного обслуговування, параметри стартерного розряду, сила струмів, тривалість розряду та заряду при

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

циклюванні, рівень надійності та справності електроспоживачів, тривалість роботи та перерви в експлуатації.

Якщо акумуляторна батарея має велику глибину розряду та велику силу струму під час циклу підзарядки від генераторної установки, стає важче відновити правильний рівень зарядженості. У процесі такої роботи термін служби акумуляторної буде скорочено, знижуючи середній рівень заряду. Збільшення щільності зарядного та розрядного струму також зменшує термін служби. Незважаючи на це, низька сила розрядного струму та коротка тривалість розряду можуть привести до того, що акумуляторна батарея буде перезаряджатися протягом тривалого періоду часу, а також скоротити термін її служби.

При низьких температурах умови заряду акумулятора значно погіршуються. Заряджена на 50% акумуляторна батарея може бути заряджена лише на 60–65% її ємності при температурі 10 °С. У зимовий час більшість автомобілів використовують електроенергію. Електростартер потребує значної кількості струму. Вищезазначені умови ускладнюють забезпечення позитивного зарядного балансу батареї автомобіля.

Під час запуску двигуна при низькій температурі середовища система запалення виконує певні функції. Збільшений стартерний струм може призвести до зменшення напруги бортової мережі до 5,5 В, а момент опору на валу стартера також зростає. Через те, що вона дуже дорога та складна, мікропроцесорна система є єдиною системою запалення, яка може забезпечити безперебійне іскроутворення при низьких рівнях напруги живлення. При запуску двигуна тривалість замкнутого стану первинно ланцюга котушки є великою через низьку швидкість обертання колінчастого валу ДВЗ. Значення струму залежить від напруги, яка подається на систему запалювання.

Для систем електроустаткування на 12 вольт і 24 вольт максимальна регульована генераторна установка повинна мати напругу 15,5 вольт.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Незважаючи на те, що акумуляторні батареї потребують великої кількості компонентів, вони повинні мати наступні характеристики: тривалий термін служби, високу механічну міцність, мінімальну внутрішню опір і падіння напруги при великій силі струму розряду в стартерному режимі. Крім того, акумуляторні батареї повинні бути ємними та здатними витримувати широкий діапазон втрат енергії під час тривалої бездіяльності.

### 1.3 Генераторна установка

Рисунок 3 показує джерело електроенергії в системі електропостачання, яке складається з випрямляча та генератора змінного струму, який працює через ремінну передачу двигуна внутрішнього згоряння. Випрямляч — це особливий компонент генератора змінного струму, який відповідає за перетворення змінного струму в постійний.

Випрямляч називають вентильним, оскільки він використовує напівпровідникові діоди для випрямлення змінного струму. Напівпровідникові випрямлячі досягли низки переваг, включаючи зменшення трудомісткості обслуговування в експлуатації, розширення діапазону робочих частот валу генератора, значно підвищену надійність і питому потужність, а також спрощення конструкції порівняно з генератором постійного струму з механічним випрямлячем-колектором.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

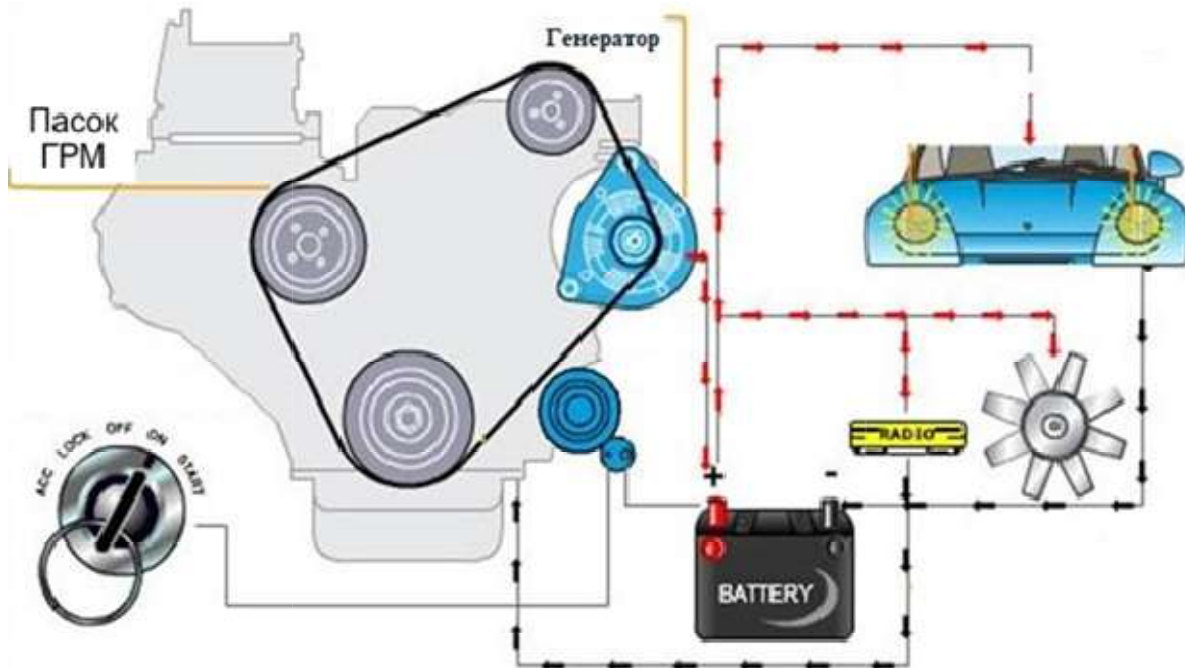


Рисунок 3 – Робота генераторної установки з двигуном

Рисунок 4 показує генераторну установку, яка складається з регулятора напруги та генератора змінного струму, які зазнали значних змін під час процесу розробки. Колекторні генератори були замінені вентиляційними генераторами транзисторними або тиристорними, які працюють з регуляторами напруги. В даний час багато генераторів містять вбудовані функції, такі як регулятор напруги, силовий випрямляч, а іноді й додатковий для живлення обмотки збудження.

Таким чином, схеми генераторних установок стали більш складними. Це означає, що генераторні установки тепер мають компоненти, які захищатимуть їх від можливих аварійних ситуацій.

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

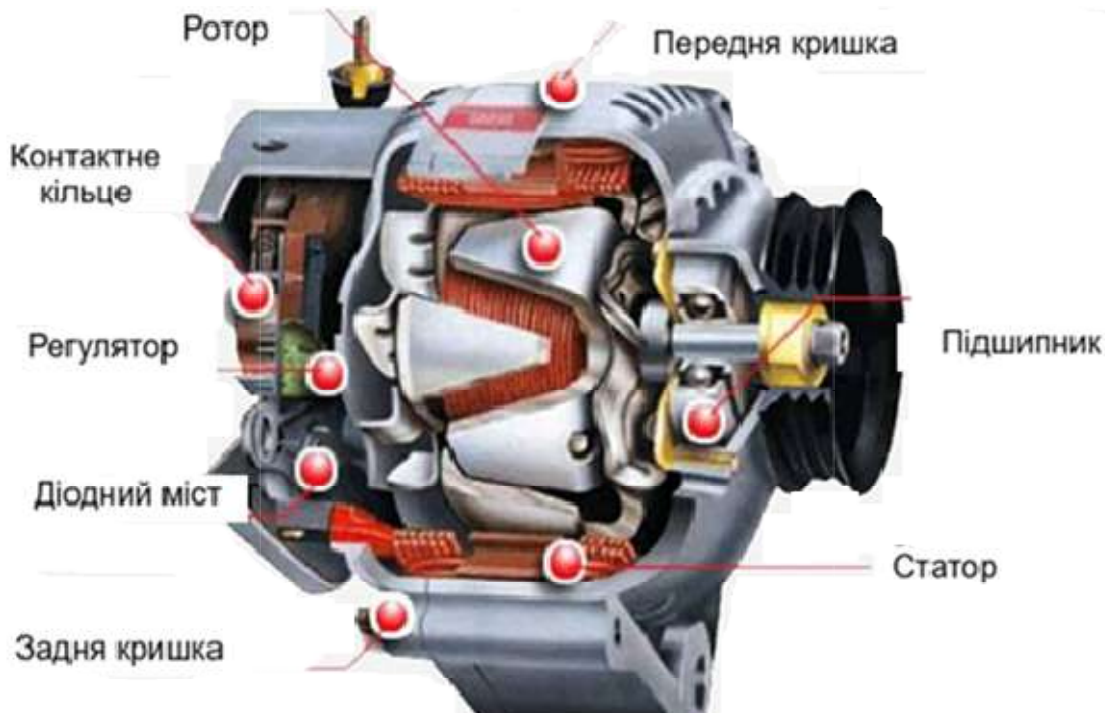


Рисунок 4 – Генераторна установка

Якщо генератор має вбудований регулятор напруги, складність монтажу автомобіля, витрати на монтажні провoda та ймовірність короткого замикання бортової мережі автомобіля та помилок монтажу знижуються.

Генераторна установка є надзвичайно надійним механізмом, який може витримувати високі вібрації двигуна внутрішнього згоряння, високі температури підкапотного простору та інші зовнішні впливи. Крім того, він добре стійкий до вологи, бруду та інших зовнішніх факторів. Автомобільні генераторні установки мають однакову конструкцію та принцип роботи, незважаючи на місце розробки та випуску.

Щоб запобігти прогресивному розряду акумуляторної батареї, генераторна установка повинна визначати вихідні параметри для кожного режиму руху транспортного засобу. Напруга в бортовій мережі має бути стабільною, незважаючи на широкий діапазон змін частоти обертання та навантаження генераторної установки. Це дуже важливо, оскільки

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

акумуляторна батарея дуже чутлива до ступеня стабільності напруги. Після перезарядження акумуляторної батареї через низьку напругу вона має проблеми з пуском двигуна, а коли батарея перезаряджається через високу напругу, вона виходить з ладу швидше. Сигналізація автомобіля та лампи освітлення чутливі до напруги.

Ця основна вимога до системи електропостачання автомобіля має бути надійною залежно від умов експлуатації транспортного засобу. Усі компоненти системи живлення повинні відповідати загальним стандартам автомобільного електрообладнання.» [32].

Встановивши потужність генераторної установки, можна описати систему генерування електричної енергії. Потужність генераторів значно зросла. [10]

«Потужність генераторних установок значно зросла. До кінця 70-х років автомобілі середнього класу мали генератори потужністю близько 500 Вт. У 90-х роках потужність зросла до 800-900 Вт. Потужність генератора автомобілів вищого класу зросла на 300-400 Вт завдяки додаванню нових пристроїв підвищеної комфортності в салоні, таких як кондиціонер. [5]

Переважають генераторні установки на автомобілях середнього класу та вантажівках з максимальним струмом 50-70 А, а на автомобілях високого класу до 90-100 А, що означає, що споживачі можуть отримувати максимальну потужність від 1,4 до 1,5 кВт. Забезпечити високий ККД генераторної установки на цих потужностях є життєво важливим. При максимальній частоті обертання колінчастого валу генераторна установка може виробляти близько 4,5 кВт потужності від двигуна автомобіля. У цьому випадку привід генератора може споживати до шести відсотків усіх витрат, а сімдесят п'ятдесят відсотків цієї витрати палива втрачається на нагрівання компонентів генераторної установки. [11]

Збільшення потужності та кількості споживачів електричної енергії, а

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

також функцій, які потребують електричної енергії, призвело до збільшення потужності генераторної установки.» [6]

«Якщо система електропостачання надійно працює, то і безпека автомобіля так само надійна, оскільки ця система залежить від автомобіля». Система електропостачання автомобіля повинна працювати в певних режимах і умовах протягом певного періоду часу, а його показники ефективності повинні зберігатися в певних межах.» [9]

«До параметрів, що характеризують генераторну установку, також належать номінальна напруга генератора, рівень та діапазон зміни регульованої напруги, якість електроенергії, діапазон швидкостей та передаточне число приводу генератора.» [4]

Збільшення передавального числа ремінної передачі приводу генератора може забезпечити повернення електричної енергії генератору навіть при мінімальній частоті обертання ротора, що відповідає мінімальній частоті обертання колінчастого валу двигуна в режимі холостого ходу. Але коли передатне число перевищує три одиниці, термін служби ременів зменшується, а механічні навантаження на вузли, що обертаються, деталі генератора та підшипники зростають.» [30]

Дорожні умови, рух транспортних засобів, час доби та рік впливають на вихід електроенергії генератора. Швидкість транспортних засобів у межах міста обмежена умовами руху та значно нижча, ніж на заміській трасі [13].

У зимовий період експлуатації генератор працює в нічний час, коли включені обігрівач, склопакети, прилади освітлення та світлова сигналізація. У цьому випадку використовується 55–80% максимальної сили струму віддачі генератора. Струмове навантаження генератора мінімальне і не перевищує 10–20 від максимального під час руху автомобіля вдень у теплу пору року. [28]

Електроагрегати автомобілів можуть функціонувати з напругою від

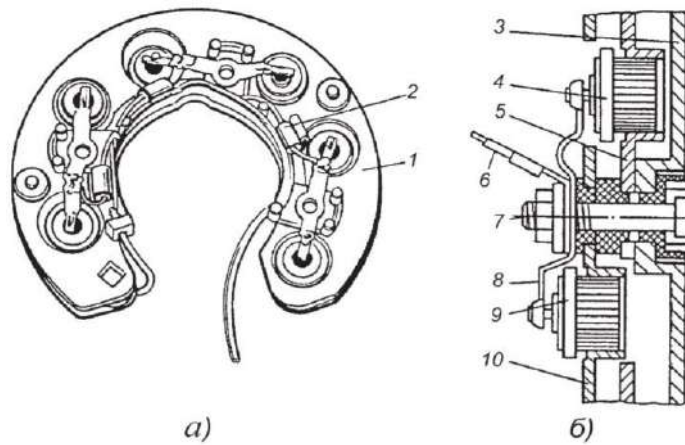
					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

14 до 28 В. Дизельні автомобілі мають напругу 28 В. Вантажні автомобілі з дизельними двигунами можуть мати систему живлення з двома рівнями напруги. Вони включають 14 В на виході генератора безпосередньо для живлення основних споживачів і 28 В на виході трансформаторно-випрямлювального блоку для підзарядки акумуляторної батареї, яка використовується під час запуску двигуна [16].

### 1.3.1 Випрямні блоки

У сучасних генераторах випрямлячі встановлюються у вигляді блоків, які підключені до обмотування статора генератора. Що стосується всіх випрямних блоків, то вони зібрані за бруківкою. У побутових генераторах використовуються блоки БПВ і ВБГ. Блоки ВБГ використовуються лише в генераторах застарілих конструкцій. Блоки БПВ складаються з двох алюмінієвих радіаторів, які з'єднані заклепками в монолітну конструкцію. Один радіатор підключений до маси генератора, а інший підключений до клеми генератора, яка відокремлена від нього. На рисунку 5 показано випрямний блок БПВ 1160. Загальним для всіх агрегатів БПВ є те, що їхні елементи випрямляча потужності є діодами прямої та зворотної полярності з корпусами, які мають здатність вдавлюватись в радіатори. Оскільки діод прямої полярності (D10420) має катод на корпусі, а діод зворотної полярності (D10420X) має анод, конструкції цих діодів однакові, але не взаємозамінні. [17]

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19



а – зовнішній вигляд; б - пристрій; 1 – силовий випрямляч; 2 – додатковий випрямляч ланцюга обмотки збудження; 3 – кришка генератора; 4 – діоди зворотної полярності Д104-20Х; 5, 10 – тепловідведення, не ізольоване та ізольоване від маси, відповідно; 6 – виведення обмотки статора генератора; 7 - болт кріплення випрямного блоку; 8 – монтажна шина; 9 – діод прямої полярності Д104-20

Рисунок 5 – Випрямний блок БПВ 11–60

Максимально дозволений прями́й стру́м через діод становить 20 А. При струмі 20 А на діоді, підключеному у прямому напрямку, падіння напруги не повинно перевищувати 1,4 В. Максимальна зворотна напруга та максимальний зворотний струм становлять 150 В. Напруга має становити не більше 5 мА. Генератори великої потужності використовують блоки з дванадцятьма діодами, увімкненими паралельно. У блоці БПВ 63100Т2 п'ятифазного генератора 955.3701 є п'ять малопотужних діодів і десять потужних діодів. Додаткові випрямлячі обмоток збудження, які використовуються в блоках БПВ 1160 та БПВ 62100Т2, базуються на діодах КД223А. Їх пластиковий циліндричний корпус діаметром 6,2 мм і довжиною 9,65 мм має жилу діаметром 1,2 мм. Блокова конструкція оточена пластиковою колодкою, яка містить діоди. Для деяких типів агрегатів не потрібен додатковий випрямляч. У

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

трифазній бруківці струм, що протікає через єдиний діод, дорівнює струму випрямляча, поділеному на кількість фаз. Таким чином, блоки генераторів БПВ 8100 і БПВ 62100Т2, у яких сила струму перевищує 60 А, потребують дванадцяти діодів, з'єднаних паралельно попарно. Виключення включає блок БПВ 3465 генератора 16.3701. У ньому встановлені діоди, розраховані на велику допустиму силу струму, щоб забезпечити підвищений струм 65 А. У генераторах з блоками живлення вкрай небезпечно коротке замикання ізолюваного від землі блоку тепловідведення на кришку. Це відбувається, якщо металеві предмети випадково потрапляють у генератор. Оскільки це коротке замикання відбувається в генераторі, воно загрожує всій електричній системі автомобіля [1].

### 1.3.2 Регулятор напруги

«Генераторна установка не тільки розвантажує акумуляторну батарею, беручи на себе частину навантаження, але й підтримує саму батарею в робочому стані, підзаряджаючи її. Ці функції вимагають автоматичного керування, яке виконується реле-регулятором напруги бортової мережі.» У [12]

При виборі генератора слід враховувати дві протилежні вимоги: позитивний баланс електроенергії та мінімальні втрати енергії.

Удосконалення регулятора напруги покращує роботу батареї та генератора.» [18]

Розробка генераторних установок передбачає створення генераторів, випрямлячів і регуляторів у єдиному корпусі. Інтегральні регулятори напруги зараз широко поширені. Керамічна підкладка використовується для резисторів і деяких з'єднань. У цьому випадку силовий транзистор розташований на металевій основі та безкорпусний,

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

що забезпечує хороше відведення тепла. На тій же основі розташовані інші напівпровідникові прилади. Усі частини та пристрої регулятора заливаються спеціальним герметиком, кришка закривається пластмасою та встановлюється на генераторі [19].

Наприклад, регулятор напруги має схемний захист від коротких замикань в обмотці збудження генератора, щоб захистити різні електричні кола автомобіля. Основним недоліком реальних регуляторів є наступне. Як зазначалося вище, їх спрацьовування становить десяті частки вольт — 2,3–2,4 В на батарею. Це явно не відповідає вимогам продовження терміну служби батарей (рисунок 6) та забезпечення холодного пуску двигуна, який необхідний для 100% зарядженої батареї. Таким чином, точність регулювання напруги повинна бути підвищена [7].

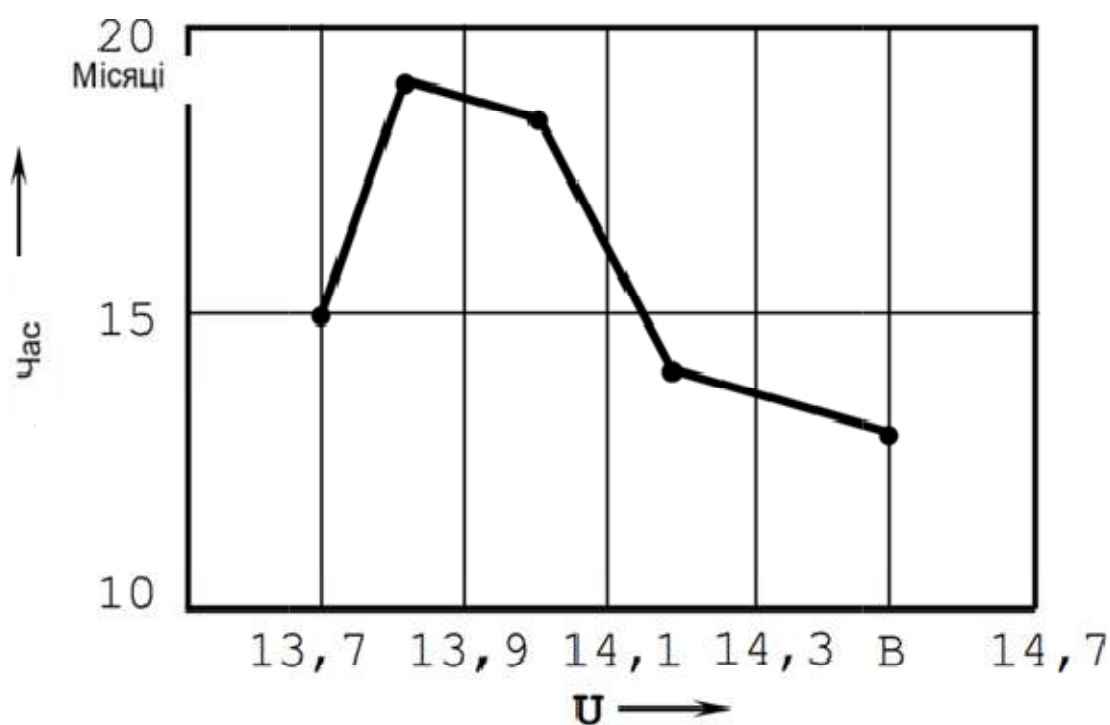


Рисунок 6 – Залежність терміну служби батарей від рівня регульованої напруги генераторної установки на автомобілі

«Вплив температури акумуляторної батареї є ще однією важливою проблемою. Розрахунки показують, що батарея, яка містить шість акумуляторів,

має температурний коефіцієнт напруги  $\sim 2 \cdot 10^{-4}$  В/К і зміну температури в підкапотному просторі від  $-400$  С до  $800$  С. Можлива зміна ЕРС повністю зарядженої батареї становить  $\sim 0,15$  В. Очевидно, що регулятор напруги повинен стежити за ним. [10]

## 1.4 Управління системою

### 1.4.1 Мікропроцесорні системи автомобіля

Автомобілебудування також було залучено до прогресу мікроелектроніки. Мікропроцесори в сучасних автомобілях керують двигуном, гальмами, рухом на поворотах, надувають подушки безпеки при аваріях, стежать за положенням сидінь і дзеркал заднього виду, захищають автомобіль від угону та багато іншого. [8]

У різних системах автомобіля використовуються різні види датчиків і виконавчих механізмів. Функції та принципи роботи кожної системи визначають кількість датчиків, необхідних для кожної системи.

Електронні частини, які використовуються для спостереження та керування різними системами автомобіля, об'єднуються схемотехнічно в локальні підсистеми. Кожна підсистема, незалежно від функції системи, складається зі спеціалізованого мікропроцесора ППУ, груп відповідних датчиків параметрів Д1-Д4, пристроїв перетворення та узгодження сигналів датчиків з параметрами мікропроцесора ППУ, вихідних виконавчих пристроїв ОП для керування вузлом з відповідними індикацією 31 (рисунок 7). [3]

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

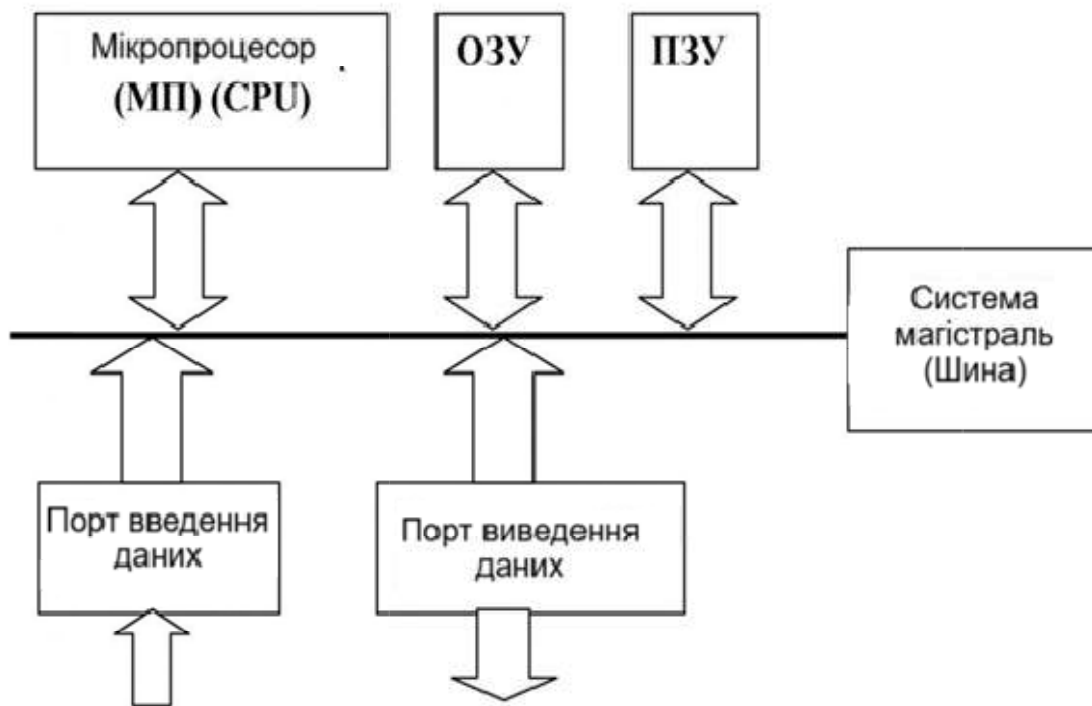


Рисунок 7 – мікропроцесорна схема керування в автомобілі

Усі підсистеми називають мікропроцесорною системою (МПС) певної підсистеми, оскільки процесор забезпечує управління підсистемою. Кожна підсистема керує виконавчими пристроями за допомогою програми, закладеної в постійній пам'яті процесора, яка використовує інформацію від датчиків.» [3]

#### 1.4.2 КСУД

Рисунок 8 показує, що контролер М86 системи керування двигуном (КСУД) є керуючим пристроєм системи керування двигуном 21129 (VESTA).

Контролер контролює виконавчі механізми, включаючи паливні форсунки, дросельний патрубок з електроприводом, котушку запалювання, нагрівач датчика кисню, клапан продувки адсорбера та різні реле, а також систему електропостачання автомобіля. У [27]

КСУД обмінює кодами з ЦБКЕ (контролером ВСМ), виконуючи функцію іммобілізації." [2]



Рисунок 8 – Контролер системи керування двигуном

Якщо під час обміну виявиться, що коди неправильні, блокування запуску двигуна в КСУД не знімається." Це [14]

«Контролер також займається діагностикою системи. Він ідентифікує несправності елементів системи, включаючи сигналізатор, і зберігає коди в пам'яті, що позначають характер несправності, що допомагає механіку виконати ремонт.» [31]

Пам'ять контролера

Програмований постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) і електрично перепрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕРПЗП) є трьома типами пам'яті, які доступні для контролера.» Це [20]

Пам'ять контролера не потребує електроенергії, тому її інформація зберігається, навіть якщо він відключений від електроенергії.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

«У ПЗУ зберігається програма управління, яка містить калібрувальну інформацію та послідовність робочих команд». У [24]

Калібрувальна інформація являє собою дані керування впорскуванням, запаленням, холостим ходом тощо, які залежать від маси автомобіля, типу та потужності двигуна, передавальних відношень трансмісії та інших факторів. [29]

Програмований постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) і електрично перепрограмований запам'ятовуючий пристрій (ЕРПЗП) є трьома типами пам'яті, які доступні для контролера.» [20]

Пам'ять контролера не потребує електроенергії, тому її інформація зберігається, навіть якщо він відключений від електроенергії.

«У ПЗУ зберігається програма управління, яка містить калібрувальну інформацію та послідовність робочих команд». [24]

Калібрувальна інформація являє собою дані керування впорскуванням, запаленням, холостим ходом тощо, які залежать від маси автомобіля, типу та потужності двигуна, передавальних відношень трансмісії та інших факторів. [29]

#### 1.4.3 Обмін даними в мікропроцесорній системі керування

Сучасні автомобілі виконують багато завдань електроніки. Їх можна умовно поділити на дві частини. Перша включає забезпечення безпеки (АБС, подушки безпеки тощо) і надійне функціонування основних вузлів автомобіля, таких як електронне керування двигуном. До другої частини можна віднести різноманітні електронні системи керування, які гарантують комфорт і розваги пасажирів. У першому випадку необхідний канал зв'язку, який є надійним і досить швидким, тоді як у другому — простий і дешевий.

Крім того, було б бажано, щоб обидва протоколи були стандартизовані, щоб виробники автомобільної електроніки могли

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

швидше створювати уніфіковані модулі, які можна використовувати на різних автомобілях різних виробників. Перш за все, це швидкісний промисловий надійний протокол CAN. Спроектований таким чином, щоб гарантувати безперебійну передачу даних від одного вузла до іншого в будь-яких умовах. Донедавна для низькошвидкісної електроніки не було стандартів, і кожен виробник мав вигадувати власні системи. Крім того, нещодавно було затверджено стандарт LIN. [27].

#### CAN шина

CAN-шина — це інтерфейс або цифрова система зв'язку, яка використовується для керування електричними пристроями транспортного засобу. Метою мережі контролерів є збір, аналіз і керування даними, отриманими з усіх пристроїв, встановлених на автомобілі. У 80-х роках відома німецька компанія Robert Bosch GmbH розробила CAN-шину. Для сучасних компаній, діяльність яких тісно пов'язана з використанням комерційного транспорту, таких як автобуси, вантажні автомобілі та сільськогосподарська техніка, використання CAN-шини є одним із найкращих рішень. Однією системою керування електричними пристроями транспортного засобу можна повністю контролювати стан транспортного засобу та оперативно вживати необхідні заходи щодо усунення несправностей. Підключення бортових ГЛОНАСС/GPS контролерів і датчиків рівня палива до CAN-шини є ще однією перевагою технології. GPS-моніторинг транспорту за допомогою CAN-шини — це хороший спосіб отримання всіх параметрів експлуатації автомобіля.

Щоб зрозуміти, як працює CAN-шина, можна уявити її як мережу, яка об'єднує датчики та інші виконавчі елементи автомобіля. Шина оснащена кручений парою та має дві окремі лінії: CAN-високий і CAN-низький. Дані передаються зі швидкістю 1 Мбіт за секунду через шину комп'ютера. Бортова мережа передає напругу до кожного компонента. Тим не менш,

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

шина відрізняється від стандартної електропроводки тим, що елементи з'єднані паралельно. Це значно полегшує прокладку проводів і дозволяє використовувати менше проводів. З цієї причини одна система моніторингу показників має високу точність.

Контролер фіксує всі помилки. Вони оброблюються, а за умовчанням вузол, у якому були виявлені помилки, відключений від загального з'єднання.

Якщо розглянути основні характеристики сучасних CAN-шин, можна виділити такі:

- тип проводу: кручена пара проводів і шлейф вважаються доступними варіантами з низькою швидкістю передачі даних. Вони забезпечують найвищу швидкість передачі даних для проводів оптоволокна. Іншими перевагами варіанта є його висока надійність і тривалий термін експлуатації порівняно з крученою парою та шлейфом.;

- Тип ідентифікатора: можна розділити всі CAN-шини типу ідентифікатора на CAN2 0A і CAN2 0B. Шини маркування CAN2 0A працюють у форматі 11 біт. Тим не менш, ця система не може виявити помилок у сигналах модулів, які працюють з 29 бітами. На відміну від попереднього варіанта, CAN2 0B дозволяє передавати всі дані про помилки на мікропроцесорні пристрої при виявленні ідентифікатора на 29 біт.

- Крім того, важливою характеристикою є тип шини, відповідно до якого інтерфейси класифікуються таким чином:

- комфорт: цифровий інтерфейс призначений для з'єднання всіх пристроїв, у тому числі додаткових, наприклад, підігріву сидінь, електрорегулювання дзеркал та інше;

- для силового агрегату: підключається до транспортного засобу для забезпечення швидкого зв'язку між керуючими системами додаткового каналу;

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- інформаційно-командні інтерфейси: використовуються для забезпечення безперебійного зв'язку між вузлами, які задіяні в обслуговуванні транспортного засобу.

Плюси та мінуси CAN-шин Інтерфейс має свої переваги, і недоліки.

Плюси CAN-шини:

- Ви можете самостійно вибрати важливі показники та налаштувати їх контроль;

- Проста установка;

- Швидкий обмін інформацією;

- Захист від несанкціонованого доступу;

- можливі мінуси CAN-шин;

- бувають обмеження обсягів переданих даних;

- якщо використовується протокол вищого рівня, можливе виникнення проблем, пов'язаних з відсутністю стандартизації кодування даних, що передаються.

LIN шина

«LIN — це скорочення слова «локальна мережа, що комутується». Всі блоки керування знаходяться в межах одного обмеженого модуля, наприклад даху. Він також називається «локальною підсистемою»» [4] Відповідний блок керування шиною даних CAN дозволяє обмінюватися даними між різними системами шин LIN на одному автомобілі. Коли ми говоримо про шину LIN, ми маємо на увазі однопровідну шину. Фіолетовий колір ізоляції разом із кольоровим маркуванням Дроту поперечний переріз становить 0,35 мм.2. Екранування не потрібне.

Система дозволяє здійснювати обмін даними між одним «майстром» LIN-управління та до 16 підлеглих (слуг) LIN-управління.» У [7]

Основою LIN є ідея «одного господаря та кількох слуг», яка

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

забезпечує дешеве виконання, засноване на звичайних послідовних інтерфейсах UART/SCI; як програмна, так і апаратна можливість реалізації; такт, що самосинхронізується, працює від RC-генератора і не вимагає кварцового резонатора для Slave-пристроїв; дешеве однопровідне виконання та швидкість до 20 Кбіт/с. Коли шина вимикається, вона може перейти в режим мікроспоживання «Спати», щоб зменшити споживання струму. Однак при необхідності будь-який вузол на шині може включити її знову. Основна відмінність протоколу LIN від шини CAN полягає в тому, що він працює менше та коштує менше. Шина має структуру, подібну до I2C і RS232. Шина підтягується вгору до джерела живлення через резистор у кожному вузлі, а потім підтягується вниз через відкритий колекторний перехід приймача, як у випадку з інтерфейсом споживача до джерела живлення (I2C). Однак замість використання стробуючої лінії кожен байт передається з обрамленням стартових і стопових бітів. Крім того, він передається асинхронно, як і в RS-232.[7]

Критичний огляд системи електропостачання автомобіля показав, що це складна система, керована контролером КСУД, який отримує показання від датчиків системи електропостачання та аналізує їх і відправляє сигнали керування, а також сповіщає водія про несправності в автомобілі. Шини CAN і LIN забезпечують спілкування між контролерами, датчиками та елементами керування. Акумуляторна батарея та генераторна установка є двома основними компонентами системи. У процесі експлуатації акумуляторні батареї потребують технічного обслуговування, яке включає контроль заряду, заряду, цикл контролю та навчання, а також доливання води та очищення. Коли справа доходить до трудомісткості технічного обслуговування, акумуляторні батареї займають перше місце серед приладів електроустаткування. Точне регулювання ступеня заряду акумуляторної батареї значною мірою визначає її придатність до пуску двигуна та термін служби. Неправильне налаштування регуляторів напруги, які

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

використовуються зараз, може призвести до того, що акумулятор не буде працювати довго та не буде готовий до пуску. Очевидно, що для покращення експлуатаційних характеристик батарей потрібна адаптивна система електропостачання.

Перш ніж досягти поставленої мети, ми повинні вирішити проблему з точністю вимірювань даних акумуляторної батареї та створити адаптивну систему управління генераторною установкою, яка оптимізує заряд акумуляторної батареї та підвищує її експлуатаційні характеристики.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>31</i>

2. Стратегія управління рівнем напруги генератора на борту автомобіля за допомогою датчика струму

Нам потрібно вирішити проблему з точністю регулювання ступеня заряду акумуляторної батареї, перш ніж розробити адаптивну систему керування генераторною установкою. Щоб отримати точні дані про показання акумуляторної батареї, потрібно впровадити датчик, який буде вимірювати показання батареї.

### 2.1 Аналіз датчика струму

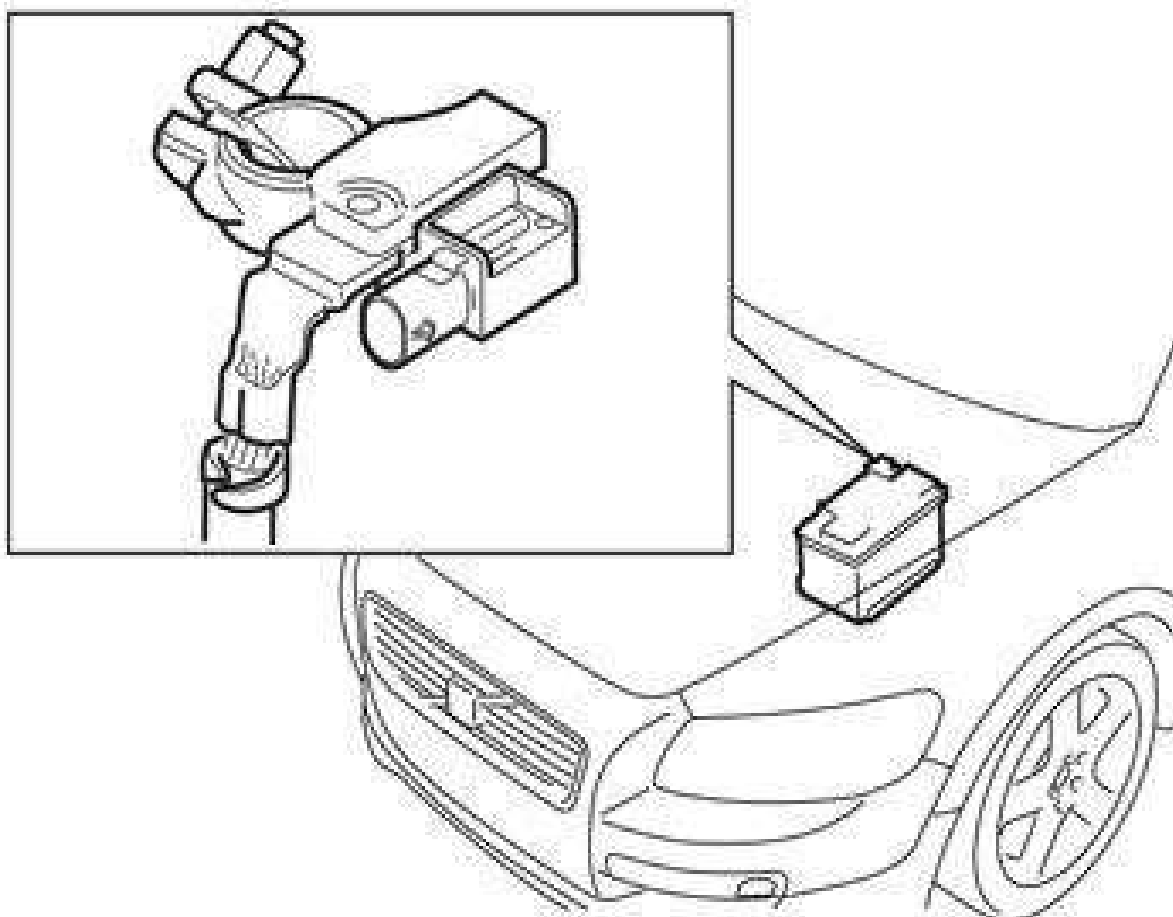


Рисунок 9 – Розташування датчика струму в автомобілі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ

Арк.

32

Датчик контролю батареї використовується для контролю свинцево-кислотних батарей. Ця частина вимірює напругу на клеммах батареї, струм заряду або розряду, що протікає через батарею, а також температуру батареї через теплопровідність між стійкою батареєю та самим блоком IBS.

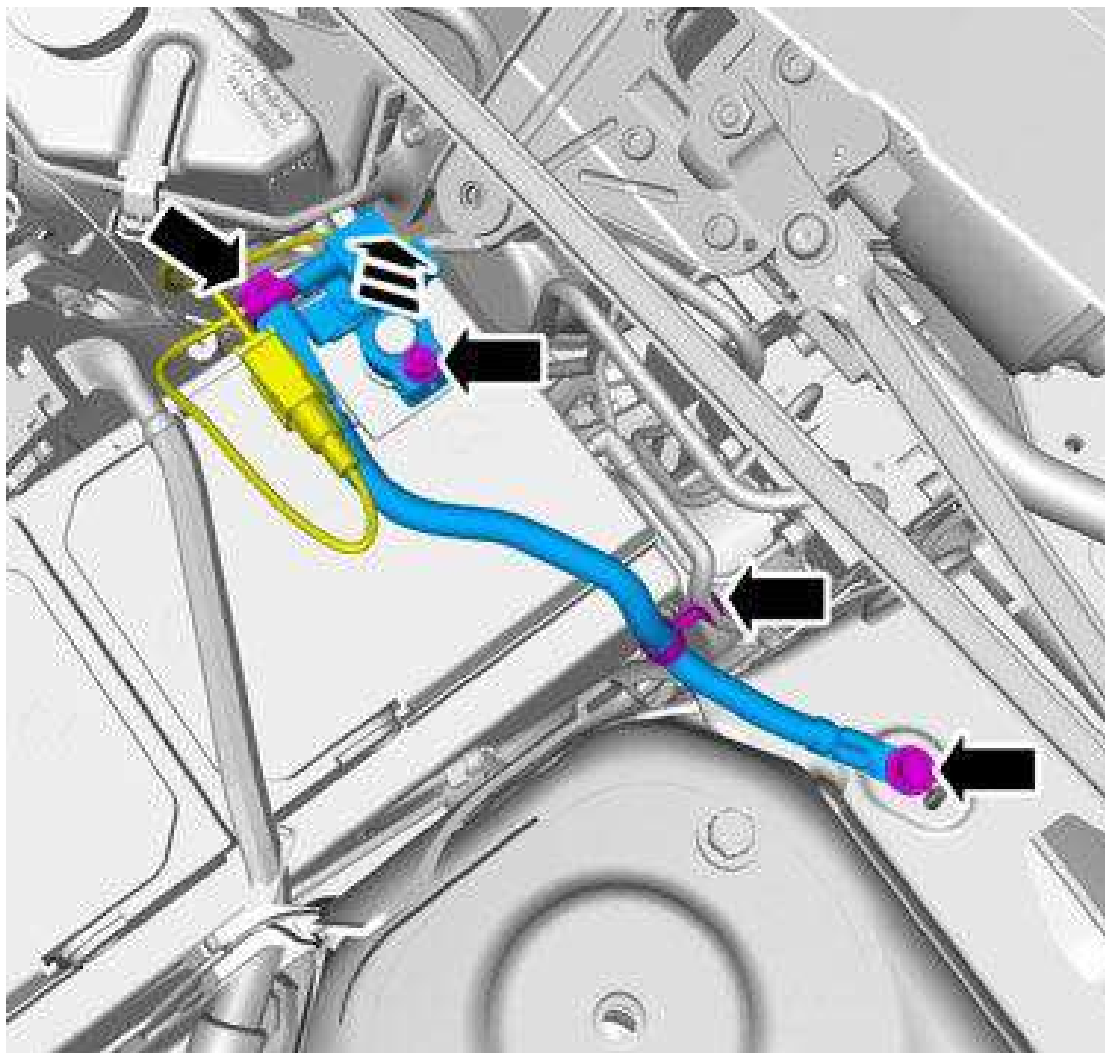


Рисунок 10 – Підключення датчика струму до АКБ

Щоб гарантувати точність вимірювання навіть за різних умов, усі три вимірювання виконуються майже одночасно. Датчик контролю акумулятора використовує лінію послідовної комунікації (LIN) для передачі даних. На малюнках 9–10 показано, як центральний електронний модуль (КСУД) встановлений на негативному полюсі акумулятора.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ

Арк.

33

### 2.1.1 Конструкція датчика струму

Датчик струму складається з:

- процесора з комунікацією LIN,
- шунтуючого опору визначення струму.

Датчик струму складається з шунта, який був спеціально розроблений для вимірювання струму акумуляторної батареї. Прецизійна внутрішня електроніка датчика струму повинна бути достатньо міцною, щоб працювати в умовах під капотом сучасних транспортних засобів і зберігати точність вимірювання падіння напруги на шунті. Датчик струму та вбудована електроніка повинні обробляти всі пускові струми 12 В автомобіля. У всьому діапазоні вимірювання та температури батареї похибка повинна становити максимум 0,5 % ( $\pm 30$  мА).

### 2.1.2 Вимірювання датчика струму

Датчик безперервно вимірює та розраховує:

- Напруга на акумуляторній батареї;
- Вхідний і відповідно вихідний струм акумуляторних батарей;
- Температура негативного полюса акумуляторних батарей.

Для визначення правильної ємності акумуляторної батареї та правильної зарядної напруги для визначення внутрішньої температури акумуляторної батареї;

- струм і напруга, отримані акумуляторною батареєю під час роботи стартера двигуна автомобіля; Внутрішня опір акумуляторних батарей, отримана шляхом розрахунку струму та напруги, використовується для визначення здатності акумулятора постачати високий струм, наприклад, під час запуску двигуна;

- Струм потоку, який споживає автомобіль;

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

– для розрахунку ступеня заряду акумулятора, коли автомобіль перебуває у положенні спокою (sleep mode). Вимірюється напруга спокою біля акумуляторних батарей.

### 2.1.3 Обмін даними між датчиком та КСУД

Використовуючи цю інформацію, контролер системи управління двигуном (КСУД) визначає, за яких умов експлуатації найефективніше заряджати акумулятор, а також визначає, як регулювати генератор, щоб забезпечити найкращу зарядку акумулятора (рис. 11). При гальмуванні двигуном акумуляторна батарея заряджається найбільше.

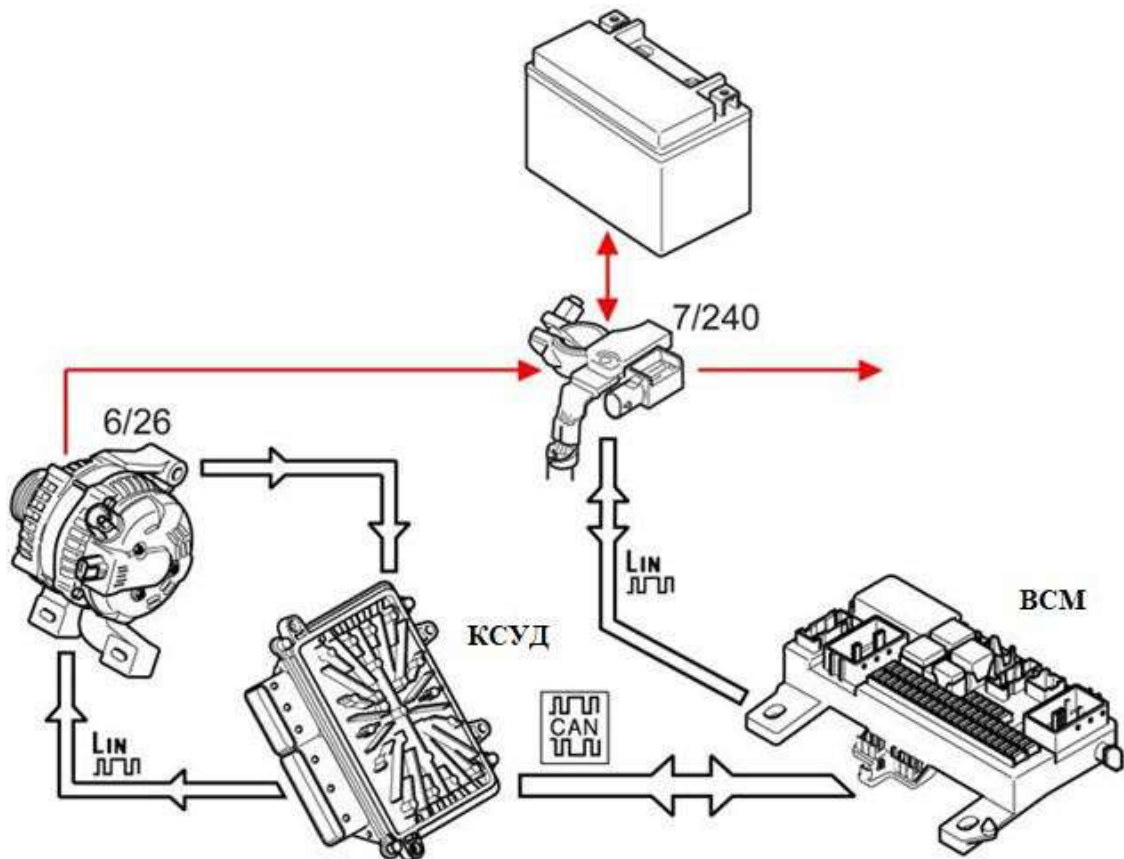


Рисунок 11 – Система керування генераторною установкою за допомогою датчика струму

У систему керування генераторною установкою з датчиком струму

входять:

- Датчик струму;
- центральний електронний модуль (ВСМ) на підставі сигналів від датчика струму розраховує режим заряджання акумуляторної батареї;
  - контролер системи управління двигуном (КСУД), який розраховує ефективність двигуна (момент, необхідний для передачі зусилля). КСУД направляє інформацію про необхідну для зарядки напругу від генератора на модуль керування генераторною установкою;
  - модуль керування генераторною установкою (АСМ) з регулятором зарядки. Модуль керується за допомогою контролера системи керування двигуном (КСУД);
- Акумуляторна батарея.

#### 2.1.4 Переваги використання датчика струму

Додатковою перевагою датчика струму, окрім здатності вимірювати струм, є те, що він містить датчик напруги та температури акумуляторної батареї в одному пристрої. Наприклад, припустимо, що датчик напруги батареї вимірює напругу з точністю плюс-мінус 50 мВ у всьому діапазоні від 4 до 18 В. З іншого боку, датчик температури батареї має максимальну похибку 3 градуси на зовнішніх межах діапазону. Температура АКБ під час руху автомобіля може значно відрізнятись від температури регулятора напруги (за яким зараз виконується регулювання) і навколишнього повітря. Це відхилення температури створює неправильний рівень напруження для батареї, що може призвести до постійного недозаряду та зменшення терміну служби батареї. Свінцеві кислотні батареї зазвичай мають нижню температуру 60 градусів Цельсія, а транспортний засіб, що рухається, зазвичай має практичну нижню межу 0 градусів Цельсія. На нашому прикладі температурна похибка датчика струму становить менше 1° С у межах цих практичних діапазонів.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Детальна інформація представлена на рисунку 12. Це достатньо для встановлення попереджень про відключення та визначення граничних значень струму батареї в будь-яких умовах роботи. Наявність усіх цих датчиків у одному пристрої виключає необхідність використання додаткових датчиків або інших дорогих систем для отримання інформації, яку потрібно отримати.

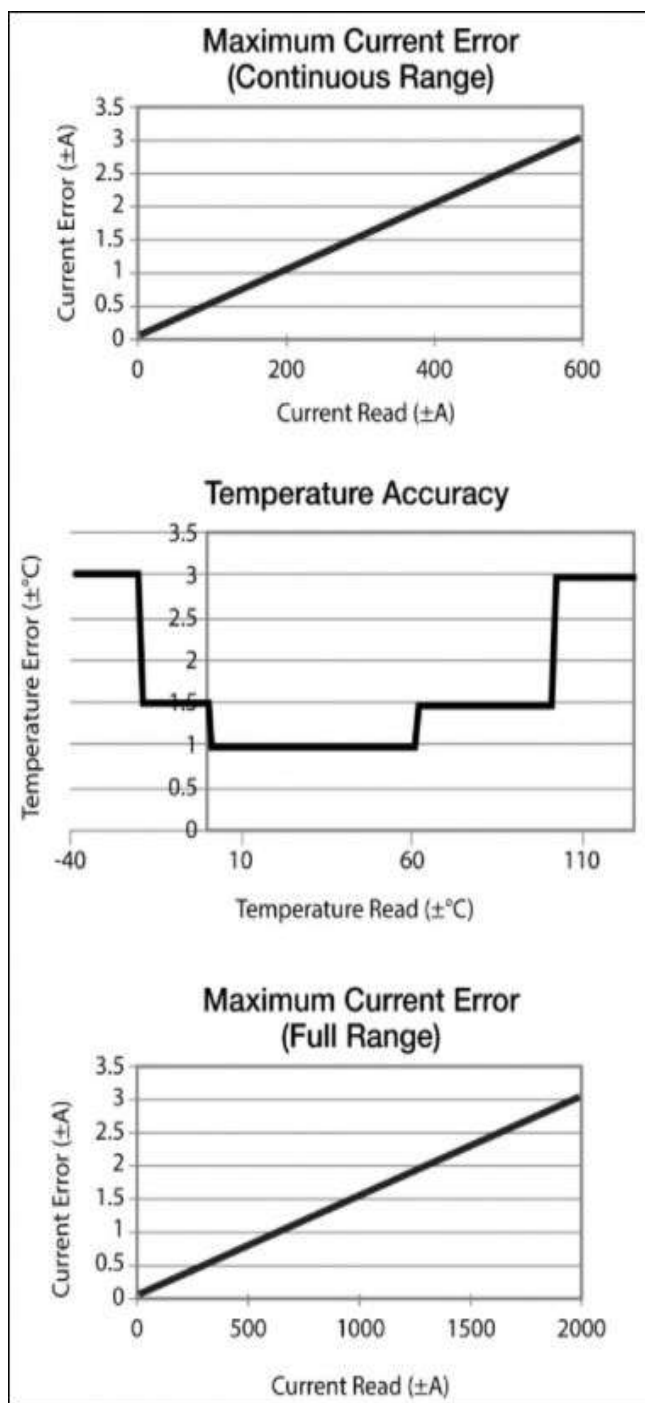


Рисунок 12 – Специфіка датчика струму

Усі три виміряні значення повертаються в один пакет даних по шині LIN, що гарантує, що датчик струму забезпечує точні, скорелювані виміри всіх параметрів батареї в режимі реального часу.

## 2.2 Захист стартера від режиму короткого замикання

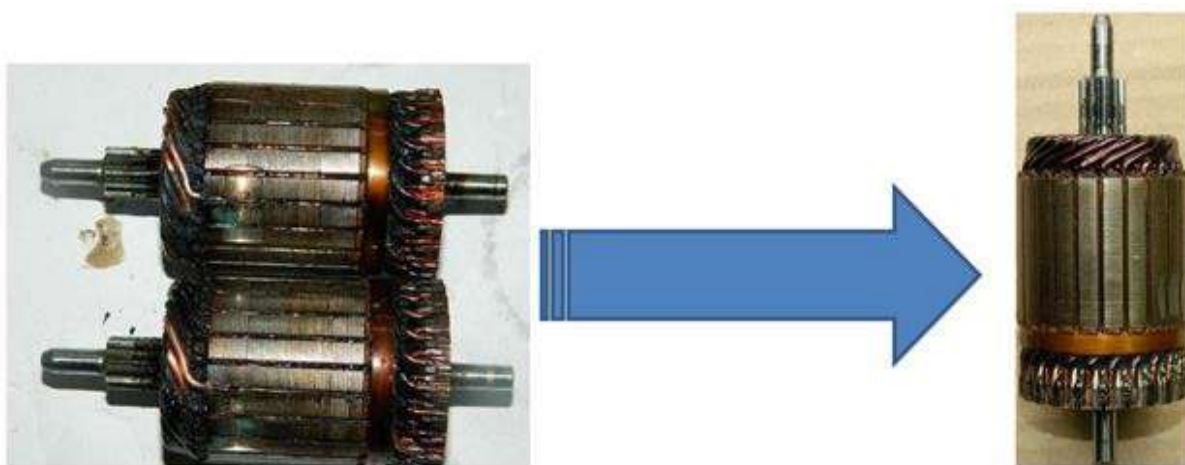


Рисунок 13 – Стартер після короткого замикання

Можна відключити стартер у разі надмірного навантаження або внутрішнього замикання. Це відбувається, коли струм перевищує граничні значення, наприклад 350 А. Як показано на рисунку 13, ця функція дозволяє зберегти стартер, запобігаючи можливим наслідкам короткого замикання.

## 2.3 Недоліки використання датчика струму

Найпоширенішими проблемами є забруднення, волога або кислота з акумулятора в датчик і пошкодження або коротке замикання. Наприклад, у деяких автомобілях BMW акумулятор розташований у боковому відсіку багажника; витік води з акумулятора може пошкодити датчик. BMW

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

називає це інтелектуальним датчиком струму або батареї. Датчик струму, що відмовив, відомий тим, що може спричинити низку електричних проблем, у тому числі відсутність запуску. Датчик струму може бути пошкоджений під час ремонту або зняття батареї.

### 2.3.1 Економічна складова

Датчик струму коштує 9,15 €. Додатково потрібно додати в джгут пару проводів з колодкою для комутації датчика струму.

### 2.3.2 Спостереження у реальному часі

Датчик струму, який був прикріплений до негативного виведення акумуляторної батареї, використовувався для виконання тесту керування в реальних умовах міста. Цей метод подібний до того, як використовується в будь-якому автомобільному додатку для контролю акумуляторної батареї. Було також проведено два окремі тести. Вибраний шлях охоплював міські квартали. Цей маршрут був обраний, щоб наблизитися до стандартної ранкової подорожі на роботу, не перешкоджаючи потоку транспорту та не перешкоджаючи іншим водіями пройти тест. З двох тестів перший імітував старт-стоп. Це було змодельовано шляхом повного зупинки автомобіля в заздалегідь визначених місцях (шість зупинок у тесті, що включав 12 міських кварталів) і відключення автомобіля, як тільки рух уперед припинився.

Двигун вмикався після 15-секундного інтервалу зупинки, і рух відновлювався вперед. За одним винятком із першого тесту автомобіль ніколи не вимикався. Тривалість зупинки була збережена на 15 секунд. Щоб відобразити перший тест максимально точно, маршрут, максимальна швидкість і прискорення регулювалися.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Результати цих тестів показують, що система «стоп-старт» потребує більшого навантаження від акумуляторної батареї порівняно зі стандартною автомобільною системою, яка є звичайною для більшості легкових і вантажних автомобілів. Результати випробувань із зупинкою та запуском також показують, наскільки добре працює датчик як автомобільна сенсорна система в цьому середовищі.

Рисунок 14 показує результати двох тестів водіння в реальних умовах.

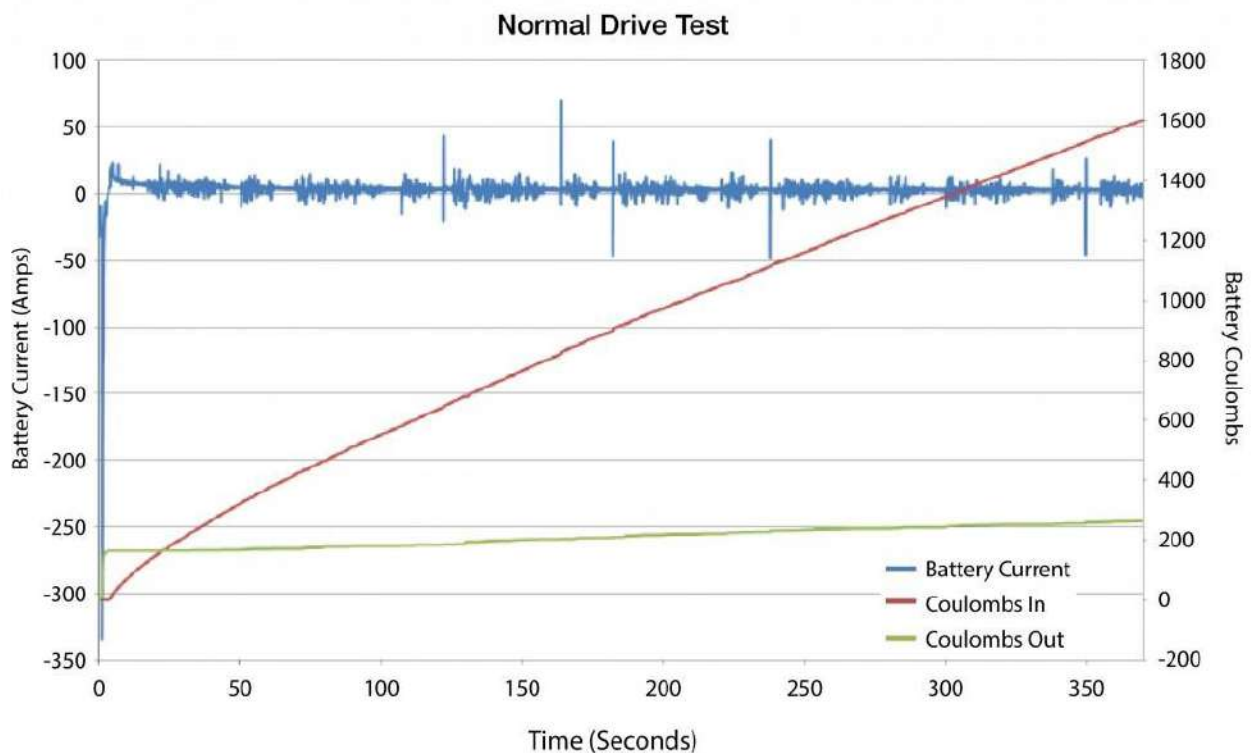


Рисунок 14 – Використання іспиту з водіння в реальних умовах датчиком струму

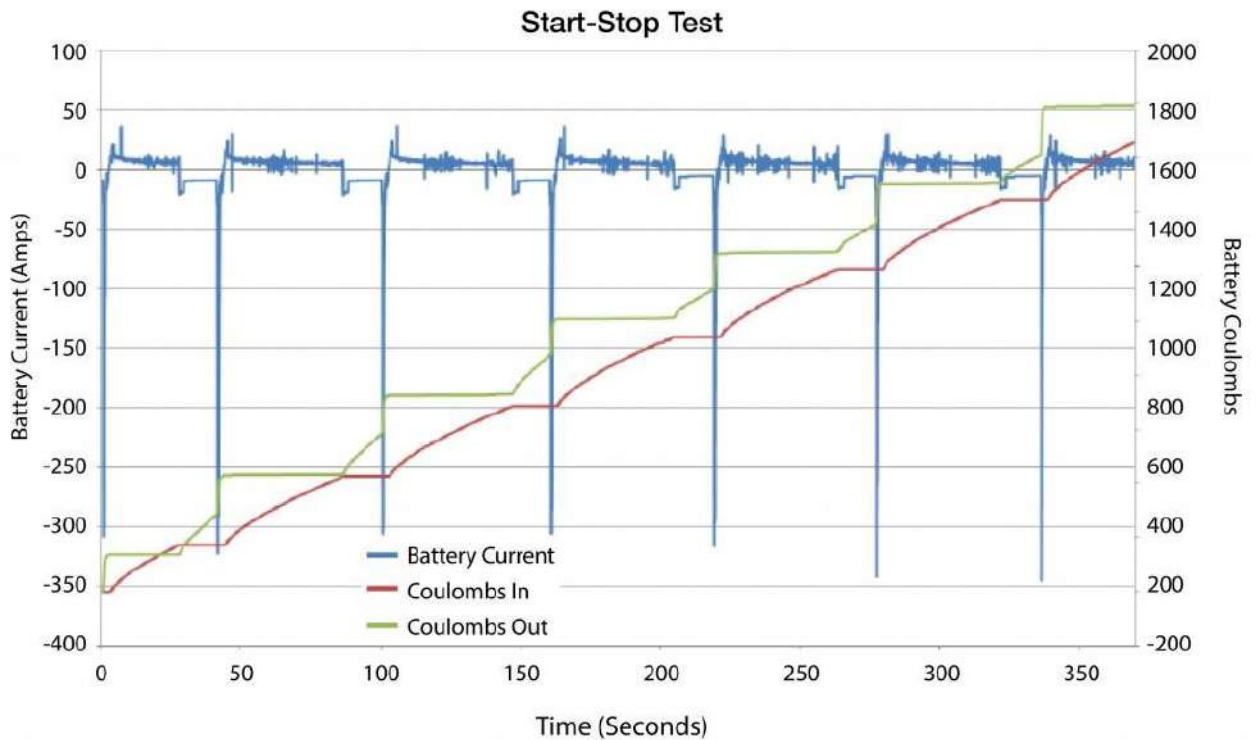


Рисунок 15 – Тестування зі зупинкою та пуском у реальному світі з використанням датчика струму

Цей перший тест показує, наскільки важлива надійна та точна система моніторингу акумуляторної батареї. Кожен тест тривав трохи більше шести хвилин із шістьма 15-секундними зупинками. У результаті цих шести зупинок повторні пуски тесту «стоп-старт» зажадали від батареї на 1528 кулонів більше заряду, ніж під час звичайного тесту керування. Порівняно з початком тесту тест стоп-старт закінчився навіть чистим зниженням заряду батареї на 135 Кл. Показано початок стандартного тесту водіння, але після втрати заряду акумулятор додається чистий заряд, що вказує на те, що акумулятор не працює належним чином.

Після детального аналізу датчика струму було встановлено, що інтелектуальний датчик струму повинен керувати акумуляторною батареєю. Без цього майбутні автомобільні розробки не матимуть успіху.

За відносно не дорогу плату та простоту інтегрування в систему

електропостачання автомобіля за допомогою підключення по шині LIN до контролера BSM ми отримуємо величезний ряд переваг, такі як:

- Висока надійність запуску двигуна,
- Збільшений термін служби батареї,
- Контроль рівня заряду АкБ,

можливість регулювання рівня напруги генератора в залежності від температури АкБ,

можливість реалізації функції захисту стартера від режиму короткого замикання,

- Можливість збільшити термін гарантії на АкБ,
- Збільшується надійність запуску двигуна в холодну пору року,
- Попередження водія про необхідність швидкої заміни АкБ. Таким чином, ми вирішуємо проблему з точністю вимірювань показань даних акумуляторної батареї, яка дозволить нам розробити адаптивну систему керування генераторною установкою.

## 2.4 Аналіз стратегії управління напругою заряду АкБ фірмою РЕНО

Аналіз датчика струму батареї показав, що ми можемо вирішити нашу проблему з точністю вимірювань даних батареї. Це дозволяє нам розпочати наступний етап цього аналізу стратегії управління зарядом батареї Renault.

### 2.4.1 Визначення «нормального рівня» заряду акумулятора

Перед тим, як розпочати аналіз адаптивної системи керування генераторною установкою, ми повинні визначити стандартний рівень заряду батареї.

Ступінь зарядженості акумулятора вказує на кількість енергії, яку

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

акумуляторна батарея може виробляти протягом певного періоду часу. Це пояснює, як вимірюється заряд батареї в Ампер-Годин. Для отримання точних показників варто проводити кілька вимірів, як без, так і з навантаженням.

Напруга не сильно впаде, якщо автомобіль повністю заряджений або не їздив більше тижня. В іншому випадку, якщо батарея машини буде розряджена, напруга швидко знизиться.

Що таке "нормальний рівень" заряду АкБ?

- Початковий рівень заряду (Initial State of Charge);
- Нормальний рівень заряду - вище 75%;
- для систем «Старт-стоп» – необхідний рівень заряду вище 80% (для готовності до множинних запусків).

Ми маємо пряму залежність ступеня заряду акумулятора до її напруги (Рис. 16). Тобто чим нижчий рівень заряду акумуляторної батареї, тим менша напруга і навпаки.

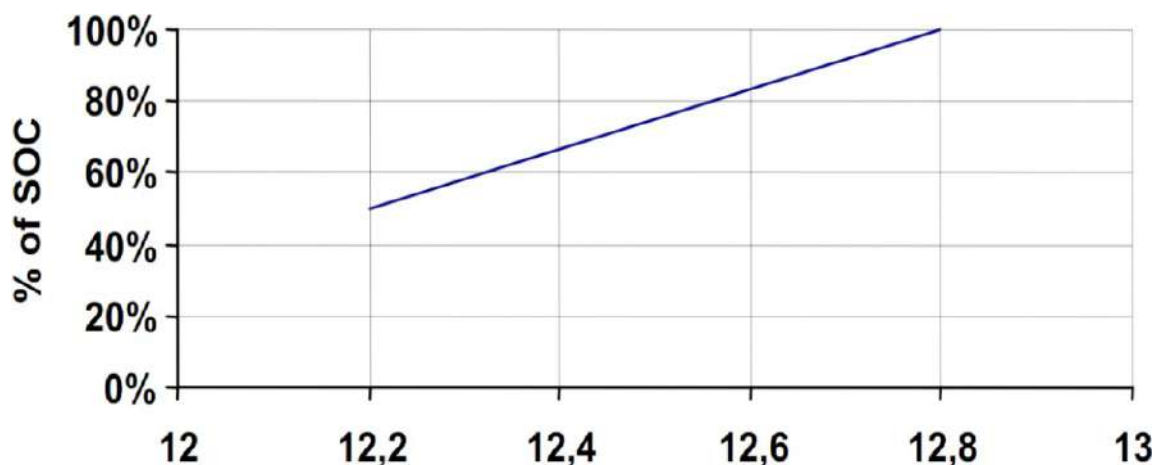


Рисунок 16 – Графік напруги за різних рівнів заряду

Від чого залежить необхідний рівень напруги заряду?

- Від ступеня зарядженості АкБ (SOC),
- Від температури АкБ.

Як змінюється густина електроліту, коли акумулятор розряджається? Термін «щільність» відноситься до співвідношення дистильованої води та сірчаної кислоти, яке становить 65% до 35% відповідно. Це ідеально підходить

для накопичення заряду електрики та використання в автомобілях. Щільність електроліту визначає напругу та рівень заряду акумулятора автомобіля. Збільшення щільності АКБ знижує їхню працездатність.

Активне поглинання сірчаної кислоти та її осідання на пластинах є ознаками ступеня розряду батареї. У результаті сульфатації метали стають більш жорсткими та нездатними брати участь у хімічних процесах. Коли сірчана кислота витрачається, співвідношення між компонентами змінюється, і рідина стає менш щільною. Це впливає на здатність автомобільного акумулятора тримати заряд.

Рисунок 17 і таблиця 1 демонструють наочно, як рівень заряду акумулятора залежить від густини електроліту.

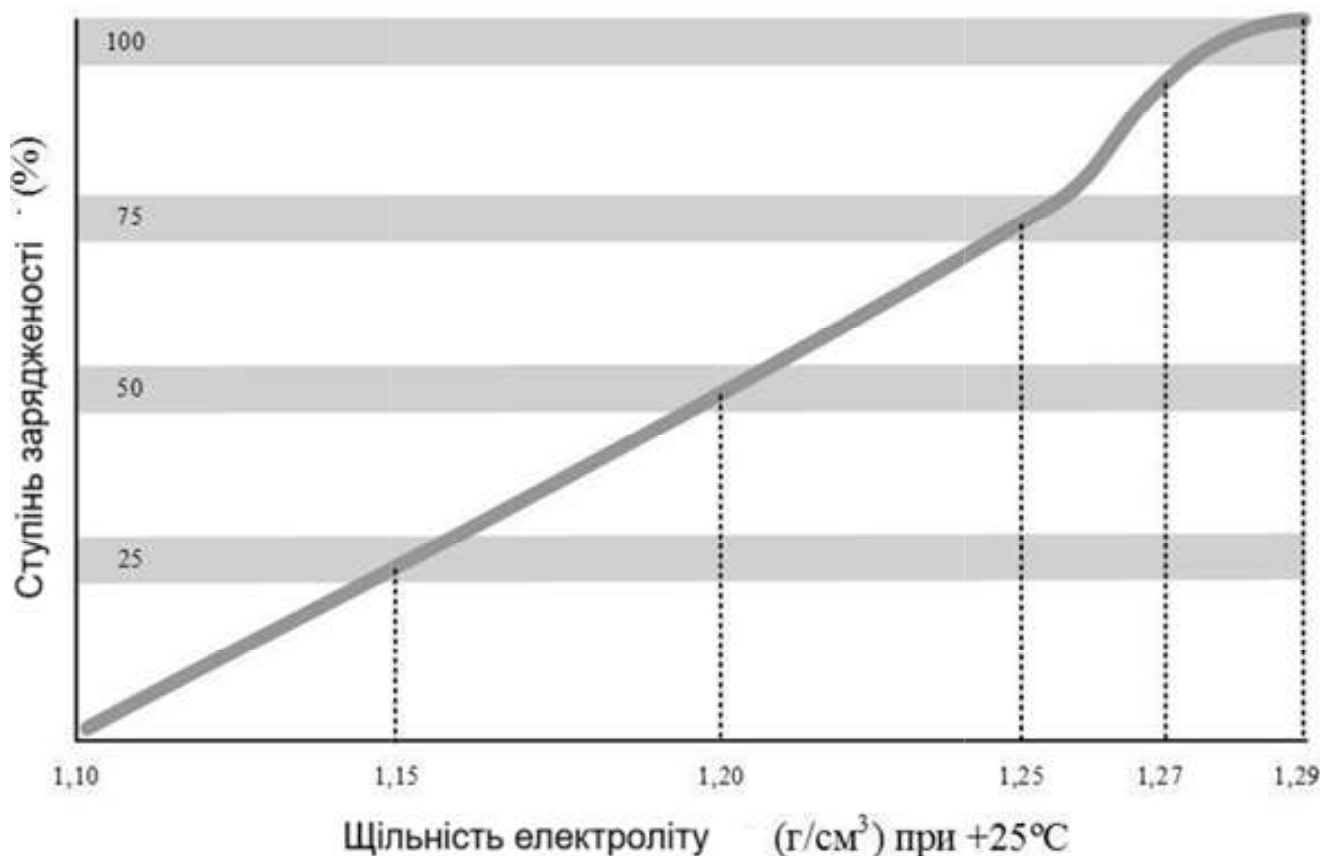


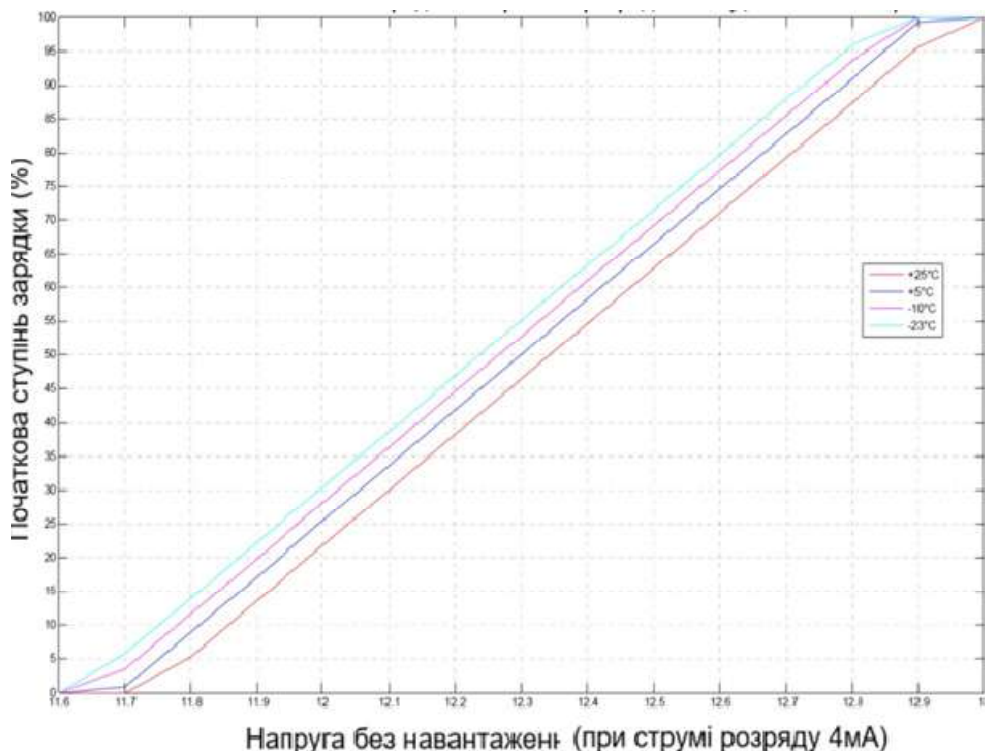
Рисунок 17 – Графік зміни щільності щодо ступеня зарядженості акумуляторної батареї

Таблиця 1 – Ступінь заряду акумулятора за щільністю.

Рівень заряду АКБ	Значення щільності електроліту
100%	1,249-1,297
75%	1,209-1,257
50%	1,174-1,222
25%	1,139-1,187
0%	1,104-1,152

Як визначити початковий рівень заряду (SOC) АКБ?

На рисунку 18 показано графік залежності початкового рівня заряду акумуляторної батареї від напруги без навантаження для різних температур при струмі розряду 4 мА. Через три години після вимкнення автомобіля такі дані можна знайти при вимкненому запаленні.



1 залежність рівня заряду до напруги за температури +25°C, 2 залежність рівня заряду до напруги при температурі +5°C, 3 залежність рівня заряду до напруги за температури -10°C, 4 залежність рівня заряду до

напруги за температури  $-23^{\circ}\text{C}$ ,

Рисунок 18 – Графік початкового рівня заряду при різних температурах

Для кожної температури ми маємо різні показники, які показують співвідношення між початковим значенням ступеня заряду акумулятора та його напруженням. Залежність, яку можна побачити на малюнку 19, полягає в тому, що чим вища температура акумуляторної батареї, тим менша напруга для початкового рівня заряду.

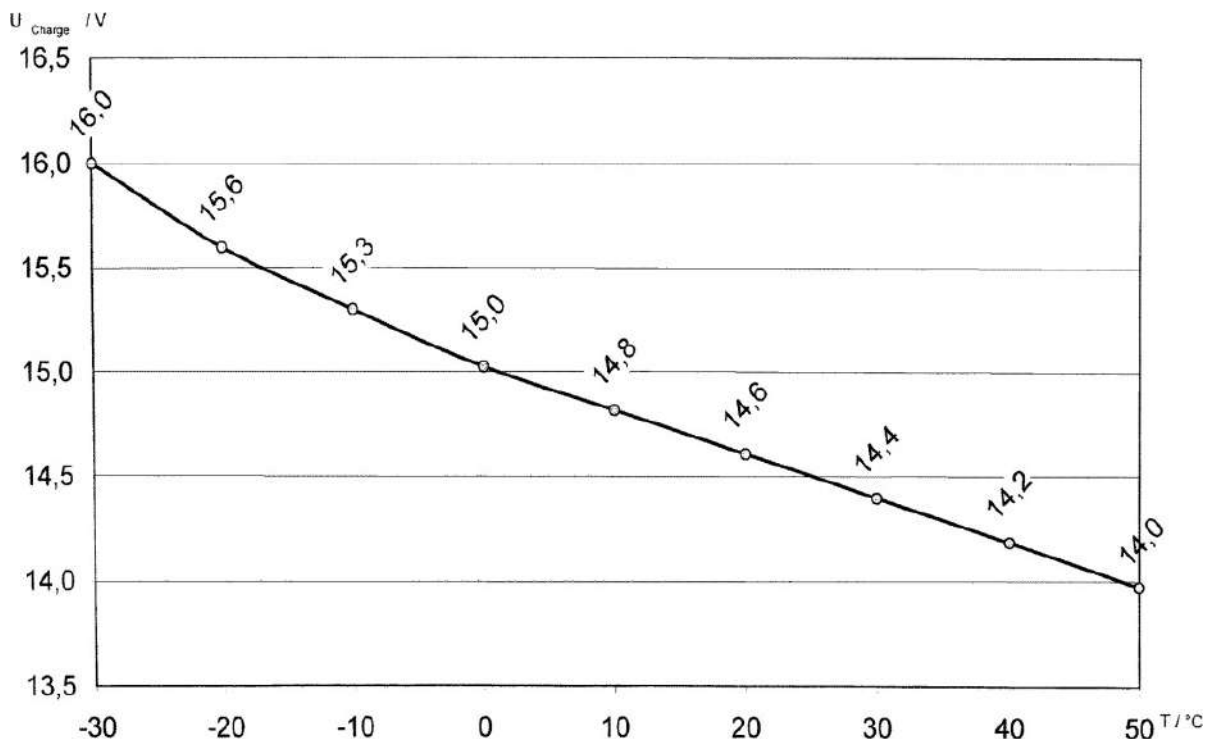


Рисунок 19 – Рекомендована напруга заряду при температурі навколишнього середовища

На графіку показаний оптимальний рівень напруги для розрядженої акумуляторної батареї типу Ca/Ca рівня стану заряду (SOC) = 80% для різних температур навколишнього середовища.

#### 2.4.2 Стратегії управління напругою заряду АКБ фірмою Renault

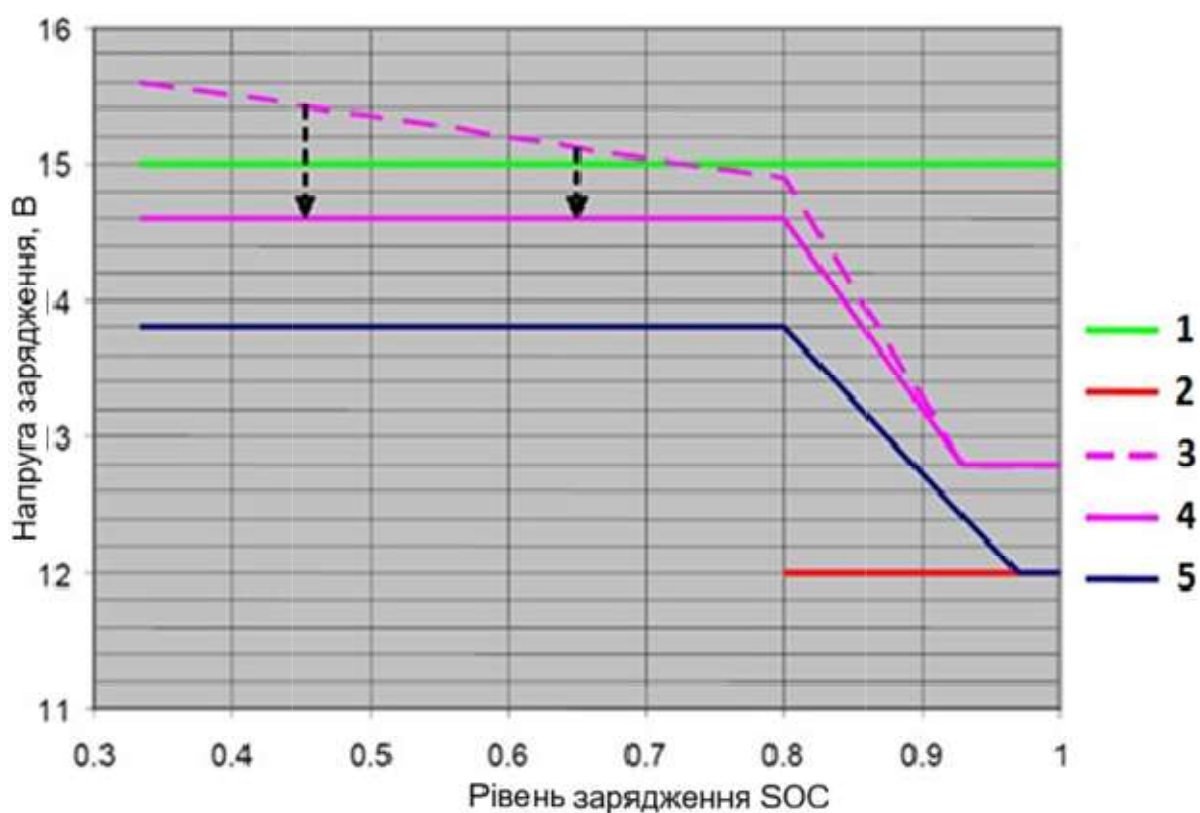
Компанія РЕНО використовує підхід Energy Smart Management (ESM)

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

для управління зарядом акумуляторної батареї. Збільшення експлуатаційних характеристик системи електропостачання є метою ESM, а також метою стратегії є зниження емісії 2.

З точки зору механічної енергії стратегія Smart Energy Management полягає в тому, щоб зберігати батареї та покращити витрати на виробництво електроенергії генераторною установкою. З точки зору електроенергії визначається рівень напруги, необхідний для задоволення потреб споживачів.

На рисунку 20 можна побачити залежність напруги акумулятора до рівня заряду при різних навантаженнях.



1 – вільна енергія, 2 – Висока вартість енергії, 3 – Макс під час переходу,  
4 – Постійний макс., 5 - Постійний хв.

Рисунок 20 – Графік підтримки напруги від рівня заряду акумуляторної батареї.

З графіка видно, що при різних навантаженнях напруга буде знаходитися на різних рівнях, навіть якщо заряд акумулятора знаходиться на рівні ближче до максимуму. У випадку, якщо автомобіль має найбільше увімкнених пристроїв, система може підтримувати напругу на рівні 12 В під час зарядженості акумуляторної батареї від 100% до 80% на рівні 12 В. У міру важливості пристрої вимикатимуться нижче цього порогу, щоб зменшити навантаження на акумуляторну батарею.

Омологація — це процес удосконалення об'єкта або технічних характеристик з метою відповідності товару певним стандартам чи вимогам країни-споживача, отримавши дозвіл від офіційної організації.

Рисунки 21 і 22 демонструють наочний приклад економії палива, або зниження емісії, під час проходження омологаційного заїзду за новим європейським їздовим циклом. Вони чітко демонструють різницю між використанням стратегії та відсутністю стратегії.

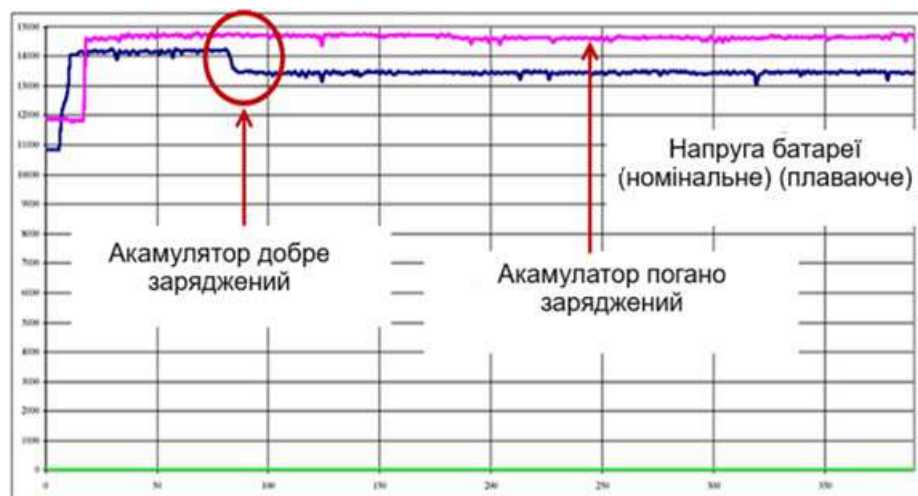


Рисунок 21 – Графік обертів двигуна

На графіку показані оберти двигуна як з використанням ESM, так і без нього. Як видно, коли ми використаємо ESM, ми отримуємо добре заряджену акумуляторну батарею, що означає менше навантаження на двигун і менше палива. В іншому випадку ESM не може підтримувати

заряд аккумулятора, і на двигун накладається більше навантаження, ніж він може витримати, і двигун витрачає більше палива.



Рисунок 22 – Діаграма витрати пального

Оскільки ESM підтримує достатній рівень заряду аккумуляторної батареї, він не збільшує навантаження на двигун з часом, що зменшує споживання палива. З іншого боку, підзарядка аккумуляторної батареї традиційним способом показує, що автомобіль витрачає більше палива через низький рівень заряду аккумуляторної батареї.

#### Висновки щодо стратегічного аналізу ESM

Використання ESM зменшує навантаження на двигун автомобіля РЕНО, що зменшує витрату палива та покращує характеристики системи електропостачання.

Важливе зауваження: метод управління напругою заряду АКБ фірми Renault, який ми маємо на руках, не дотримується законів ЄЕК ООН (правило 48–08) щодо обмеження напруги на лампах зовнішнього освітлення та світлової сигналізації. Можливо, на той час це ще не було актуальним, або вони вибрали технічне рішення, яке відрізнялося від нашого, щоб обмежити напругу на лампах. У зв'язку з тим, що РЕНО вирішив виконати цей закон за допомогою

встановлення напруги генератора, нам потрібна стратегія керування електричною енергією.

## 2.5 Алгоритм системи підтримки рівня напруги бортової мережі Audi A-3

Нам потрібно розробити алгоритм, який дозволить контролеру КСУД керувати системою електропостачання автомобіля за допомогою даних датчика струму та інших датчиків. Це дозволить нашій системі використовувати раніше запропоновану стратегію управління напругою акумуляторної батареї.

Давайте розглянемо частину реалізації алгоритму на автомобілі Audi A-3 (рис. 23), щоб розробити оригінальний алгоритм керування підтримкою рівня напруги бортової мережі.

### 2.5.1 Управління навантаженням

Падіння напруги акумуляторної батареї або генераторної установки нижче допустимого рівня може призвести до великої кількості увімкнених електроприладів, що може загрожувати повній працездатності важливих систем автомобіля, таких як електромеханічне керування або система ABS. За рахунок відключення споживачів високоамперного струму та збільшення обертів холостого ходу блок управління бортової мережі J519 має здатність збільшувати бортову напругу мережі до необхідного рівня, що запобігає втручанню в керування навантаженням.

### 2.5.2 Визначення стану навантаження

Порівняння поточної напруги бортової мережі з допустимим мінімальним

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

кордоном напруги бортової мережі дозволяє визначити навантаження бортової мережі. Сигнал DF, або ступеня навантаження генератора, величини напруги батареї та інформація про ввімкненого споживача високоамперного струму визначають навантаження бортової мережі.

Далі ви можете знайти клієнтів, які були включені водієм, у розділі керування бортовою мережею. Це показники, які визначають ступінь навантаження.

### 2.5.3 Заходи щодо регулювання навантаження

У цьому випадку блок керування двигуном по шині CAN необхідний, оскільки під час роботи двигуна збільшується 2-ступінчасте число обертів на холостому ходу. Електричні споживачі вимикаються, якщо бортова мережа не досягає достатнього рівня навантаження. Електроспоживачі відключаються при включенні запалення та вимкнення двигуна рівномірно.

### 2.5.4 Відключення споживачів системи комфорту

При включеному запаленні (з працюючим та вимкненим двигуном) споживачі відключаються в перерахованій послідовності:

- Додатковий повітряний обігрівач на 75%,
- Нагрівальний елемент заднього скла,
- Додатковий повітряний обігрівач на 50%,
- сидіння, що обігріваються,
- Додатковий повітряний обігрівач на 25%,
- зовнішні дзеркала, що обігріваються,
- додатковий повітряний обігрівач на 0% Освітлення,
- Висвітлення в зоні ніг, внутрішнє підсвічування рукоятки дверей, освітлення.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- climatronic.

Доки не буде досягнуто достатнього рівня навантаження бортової мережі, відключення буде припинено. Споживачі почнуть вступати в зворотну послідовність, коли рівень навантаження зросте. Далі відключаються на короткий час під час гальмування з системою ABS або за високих електричних витрат електромеханічного керування.

- Нагрівальний елемент заднього скла,
- Додатковий повітряний обігрівач,
- сидіння, що обігріваються.

При вимкненому запалюванні відключаються внутрішнє освітлення, підсвічування ручок дверей, освітлення зони ніг, освітлення виходу та функція виходу. При зіткненні блок управління бортовою мережею відключає такі споживачі: Нагрівальний елемент заднього скла,

- сидіння, що обігріваються,
- зовнішні дзеркала, що обігріваються,
- Додатковий повітряний обігрівач,
- climatronic.



Рисунок 23 – Приклад алгоритму системи підтримання рівня напруги бортової мережі Audi A-3

Підсилюючи підсумки аналізу алгоритму.

Контроль напруги відповідно до правил ЄЕК ООН 48-04, пункт 5.27. Правило передбачає, що напруга на клеммах зовнішнього освітлення та світлової сигналізації не повинна перевищувати 13,5 В додатково 3%, що дає 13,9 В.

У холодну пору року виконання цього правила за допомогою функції регулювання напруги на генераторі значно обмежує можливість підтримувати нормальний заряд батареї. Це може призвести до розряду АКБ, обмеження роботи системи «Старт-стоп» і, як наслідок, відмови електростартерної системи.

Отже, коли рівень заряду батареї падає нижче 80%, ми вважаємо це аварійним режимом і заряджаємо батарею без урахування цього обмеження напруги.

У цьому розділі представлено аналіз датчика струму акумуляторної батареї. Цей аналіз дозволяє вирішити одну з проблем системи електропостачання, використовуючи точні дані акумуляторної батареї. Крім того, було розглянуто план управління напругою заряду АКБ Renault. Це дозволить розробити першу стратегію управління напругою. Було проведено аналіз алгоритму системи підтримки рівня напруги бортової мережі Audi A-3 з метою розробки алгоритмів управління генераторною установкою.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>53</i>

3. Запропонована стратегія управління напругою заряду АкБ для автомобілів РЕНО за різної температури акумуляторної батареї в залежності від SOC

Після того, як ми зможемо вирішити проблеми, що перешкоджають розробці оригінальної стратегії управління напругою заряду акумуляторної батареї, ми можемо приступити до самої розробки стратегії.

За основу візьмемо стратегію EMS від компанії Рено. Як ми пам'ятаємо у стратегії існують 2 складові:

- механічна енергія, щоб покращити витрати на виробництво електроенергії генераторною установкою;
- електроенергія, задається рівень напруги для виконання споживчих вимог;

Для початку ми розпочнемо розробку з елемента електроенергетики. Розробимо план підтримки напруги рівня заряду акумуляторної батареї спочатку.

Рисунок 24 показує схему підтримки рівня напруження акумуляторної батареї при різних рівнях заряджання.

Для підвищення чутливості регулювання напруги ми створили одинадцять режимів підтримки напруги для різних температур. До 80% заряду батареї напруга залишатиметься на одному рівні. Якщо заряд батареї перевищить 80%, напруга зменшиться на рівні заряду. Як показано на графіку, КСУД оброблятиме температуру, рівень заряду та напругу акумуляторної батареї, а також керуватиме генераторною установкою для підтримки рівня напруги.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

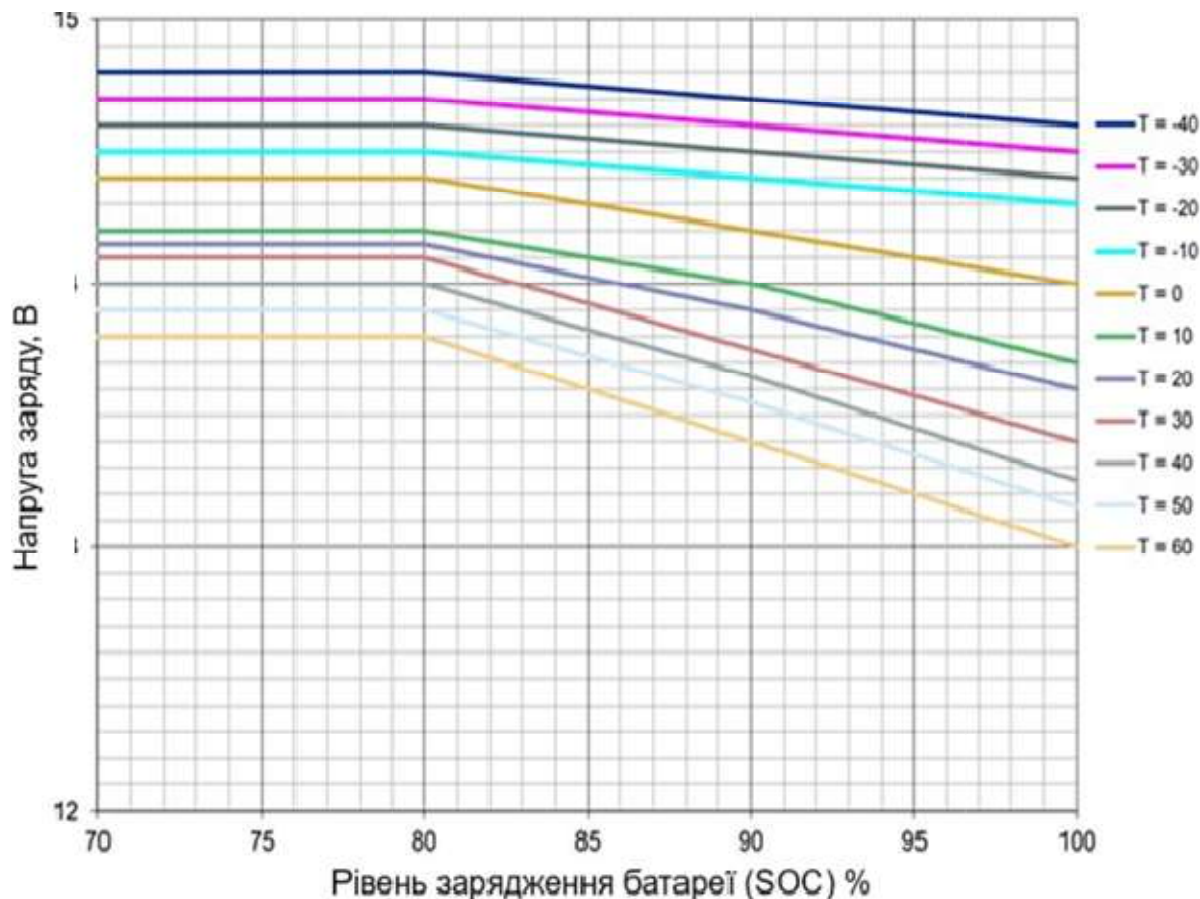


Рисунок 24 – Пропонована стратегія керування напругою заряду АКБ для автомобілів РЕНО при різній температурі акумуляторної батареї залежно від SOC

Далі ми розробимо підхід до контролю напруги заряду акумуляторної батареї залежно від температури.

Запропонований підхід до контролю напруження заряду акумуляторної батареї автомобілів РЕНО залежно від температури показано на малюнку 25. Цей графік показує, що КСУД повинен керувати генераторною установкою, щоб гарантувати, що рівень напруги заряду акумуляторної батареї залишається постійним при різних температурах.

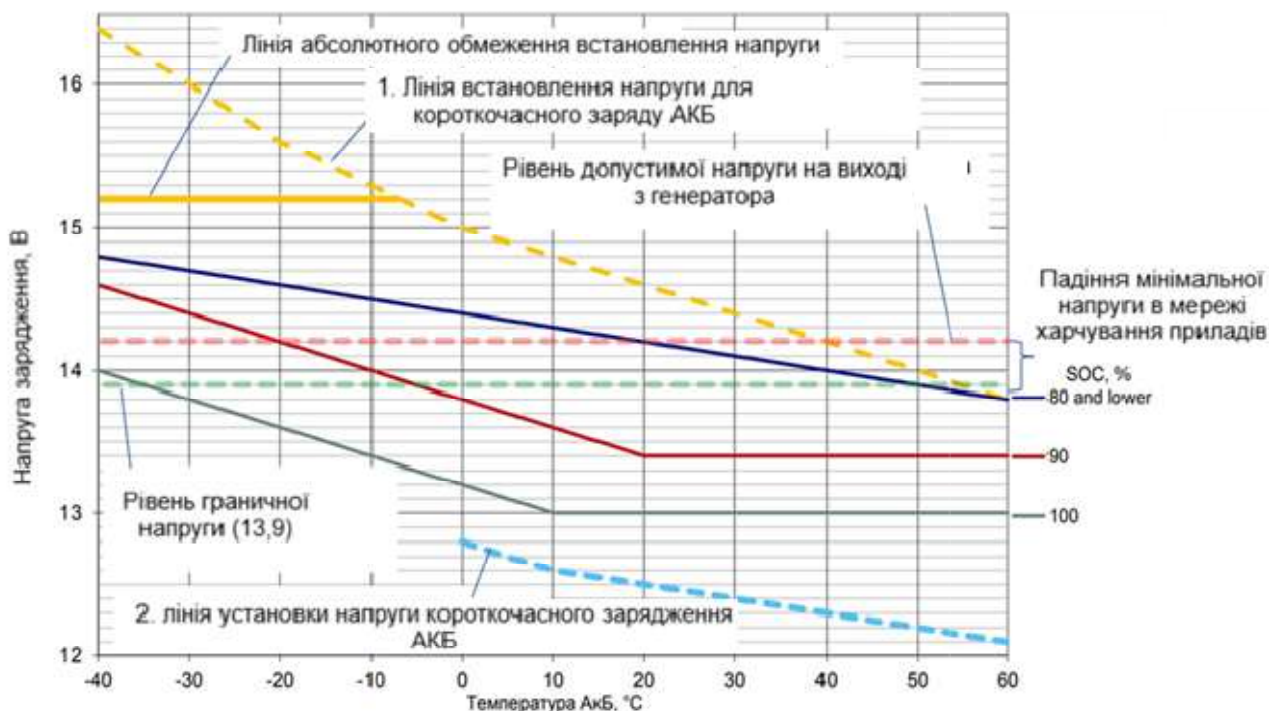


Рисунок 25 – Пропонована стратегія управління напругою заряду АКБ для автомобілів РЕНО за різного рівня заряду АКБ залежно від неї температури

Лінія абсолютного обмеження напруги демонструє, як підтримуватиметься напруга при негативних температурах. У режимі примусового холостого ходу лінія уставки напруги показує температурний рівень напруги при рівні заряду 80% для короткочасного заряду акумуляторної батареї. Рівень допустимої напруги на виході генераторної установки завжди статичний і дорівнює 14.2 В через природне падіння напруги в ланцюгу живлення приладів зовнішнього освітлення. Для приладів освітлення мінімальна напруга в ланцюгу живлення може становити не більше 0,3 В, а для контактів ламп — не більше 13,9 В. Це означає, що напруга на контактах ламп завжди залишається постійною, незалежно від температури. Лінія уставки напруги, призначена для короткочасного заряду акумуляторної батареї під час розгону, показує, що це можливо лише при позитивній

температурі.

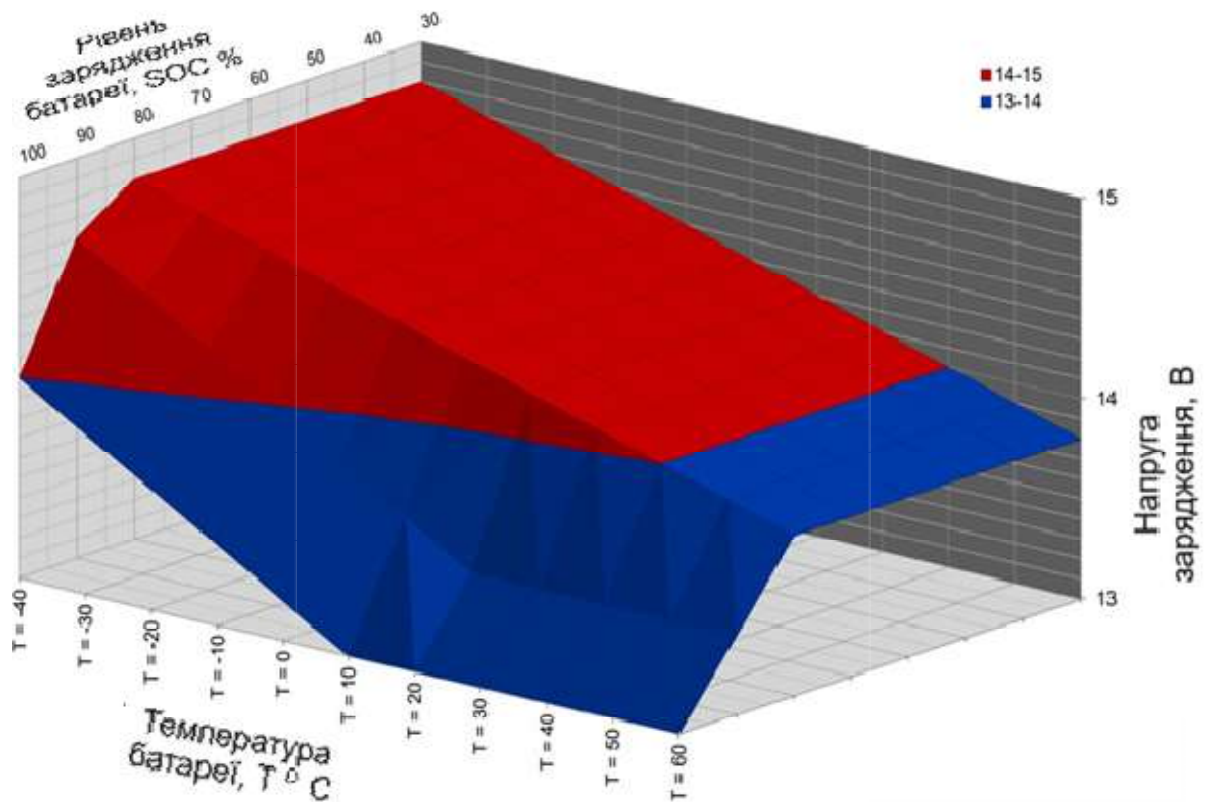


Рисунок 26 – Об'ємне уявлення залежності напруги заряду від температури та SOC батареї

На рисунку 26 показано детальний план нашої схеми підтримки напруги для автомобілів РЕНО. У ньому показано, як КСУД керуватиме системою електропостачання автомобіля, щоб підтримувати напругу акумуляторної батареї за різними температурами та рівнями заряду акумуляторної батареї.

### 3.1 Стратегія управління генераторною установкою

Після розробки плану електроенергетичної складової ми можемо приступити до механічної складової.

Як зазначалося раніше, стратегія розумного управління енергією з точки зору механічної енергії полягає в тому, щоб покращити витрати на виробництво електроенергії генераторною установкою та зберігання батареї.

Нам знадобиться раніше розглянутий датчик струму, щоб розробити стратегію механічного складання.

Як зазначалося раніше, генераторна установка не може керуватися ззовні. Замість цього регулятори напруги встановлені всередині установки.

Але спочатку АВТОРЕНО використовує генератор з функцією управління та діагностики по шині LIN для проекту автомобіля, і тепер ми можемо керувати генераторною установкою через контролер КСУД (рис. 27).

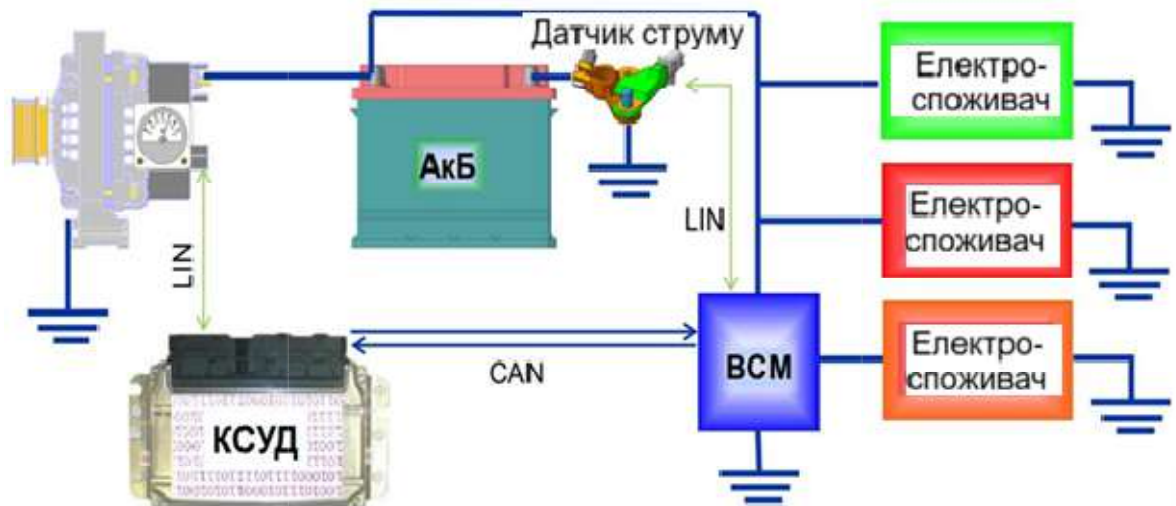


Рисунок 27 – Управління генераторною установкою через LIN шину

Основні можливості:

- Уставка точного рівня напруги бортової мережі на запит від КСУД;
- Завдання швидкості зміни струму збудження ротора для зниження механічних навантажень та оптимізації заряду акумуляторної батареї; – Розширення діагностичних даних, одержуваних від генератора (напруга, струм збудження, температура регулятора, завантаження (%DF), обороти тощо).

### 3.2 Функція рекуперації при гальмуванні автомобіля

Ця схема показує, що можна впровадити систему регенерації енергії

гальмування, що дозволить більш ефективно використовувати енергію руху.

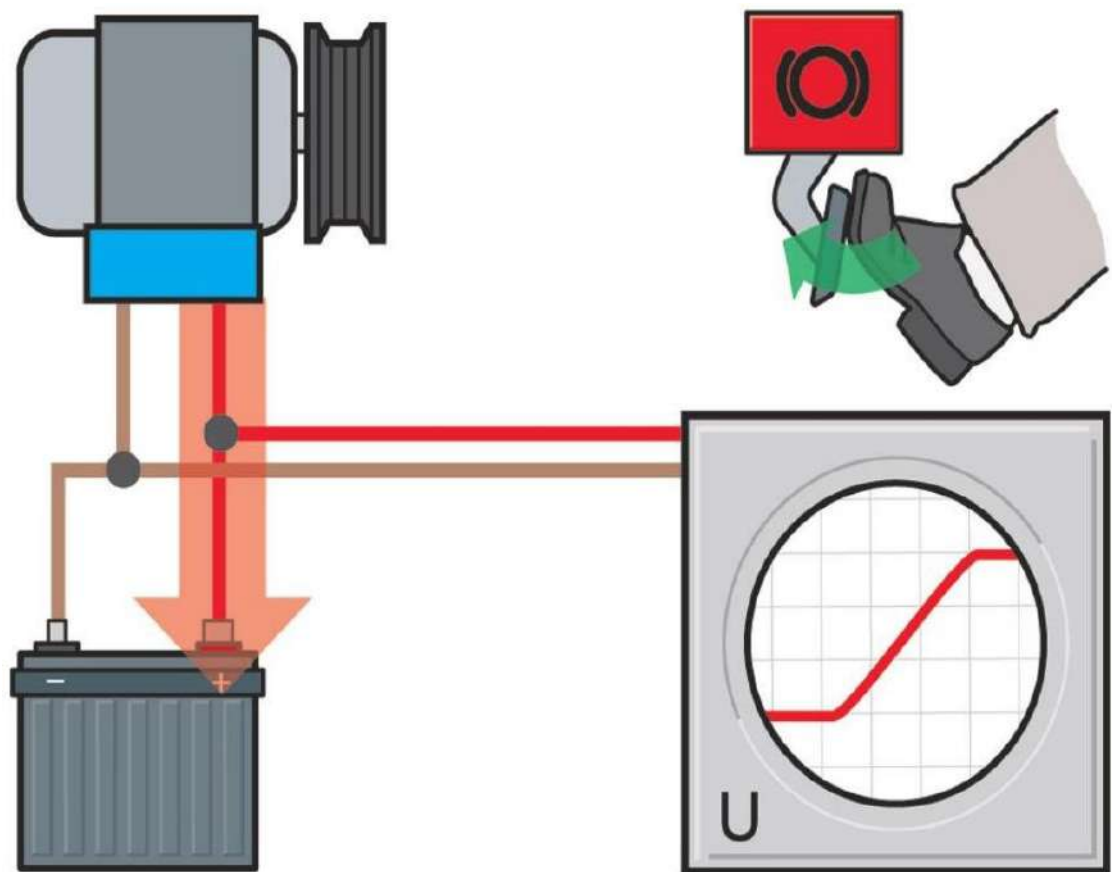


Рисунок 28 – Функції рекуперації при гальмуванні

Для прискореної підзарядки батареї водій може піднімати рівень регульованого напруження генератора до максимально можливого (15 В), коли він знімає ногу з педалі газу і автомобіль рухається накатом (на передачі, без натиснутої педалі акселератора), 28. У цей момент опора обертання ротора генератора збільшиться, але кінетична енергія автомобіля значно більша, ніж генератор споживає. Таким чином, енергія генератора практично «дармовий». Але для того, щоб виконувати цю функцію, потрібно мати точну інформацію про ступінь зарядженості батареї, яку можна отримати лише за допомогою датчика струму АКБ. «Посилений» заряд батареї має сенс тільки тоді, коли в батареї є резерв для додаткової енергії; тобто, поточний рівень заряду батареї не повинен перевищувати 90% її ємності.

### 3.2.1 Режим "Kick down"

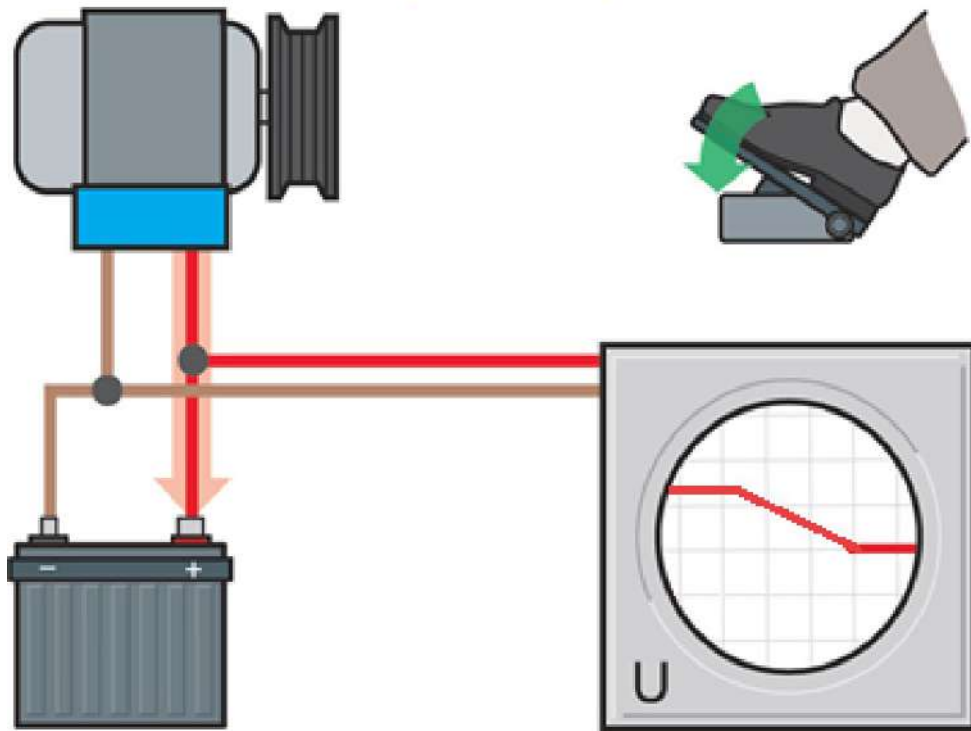


Рисунок 29 –

#### Функції тимчасового відключення генератора

Коли автомобіль сильно прискорюється в дорожньому потоці (наприклад, під час обгону), можна «відключити» генератор, зменшивши струм в обмотці збудження ротора. Це покращує динаміку автомобіля. Зниження моменту опору на шківі генератора дозволить двигуну «додати» до 3 кВт додаткової потужності, залежно від поточного навантаження генератора (Малюнок 29). Але, щоб запобігти надмірному розряду, цю функцію можна запровадити лише за наявності інформації про достатній рівень зарядженості АКБ (не менше 60%). Тільки датчик струму може дати точну інформацію про рівень заряду АКБ.

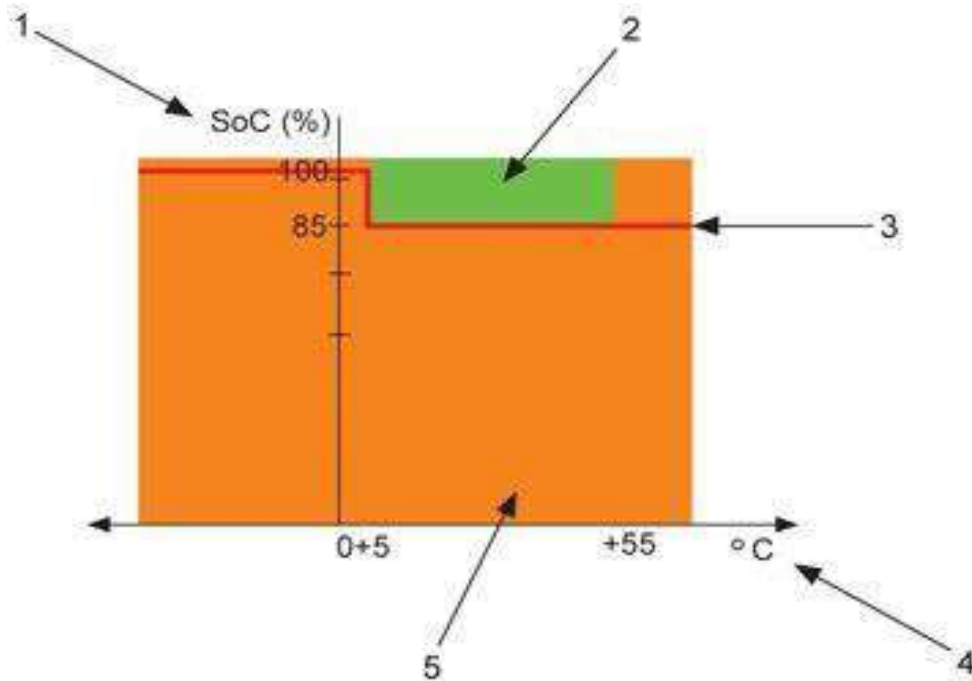
### 3.2.2 Умови застосування додаткових режимів генераторної установки

При температурах, які перевищують або залежать від діапазону від +5

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

до +55 °, система змушена використовувати стандартну зарядку, оскільки неможлива регенерація енергії гальмування. Для цих цілей акумуляторна батарея буде достатньо сприйнятливою до заряджання в іншому випадку.

На рисунку 30 показано, які температури та ступеня заряду дозволені для гальмування, тимчасового відключення генераторної установки та регенерації енергії. Також показано, як система підтримуватиме ступінь заряду акумулятора.



SoC - State of Charge (ступінь заряду акумулятора);

1. дозволена зона для використання функцій регенерації енергії гальмування та тимчасового відключення;
2. граничне значення ступеня заряду акумуляторної батареї (SoC), яке намагатиметься підтримувати система за різних температур. Щоб уникнути кипіння, необхідно, щоб заряджання акумулятора не відбувалося при значенні вище 55 °C;
3. температура акумуляторної батареї;
4. зона звичайного заряду акумулятора.

Рисунок 30 – Графік підтримки заряду

					КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Після визначення умов застосування додаткових режимів генераторної установки перейдемо до управління.

### 3.2.3 Управління генераторною установкою

Контролер системи керування двигуном (КСУД) керує установкою генератора та заряджанням акумуляторної батареї за допомогою датчика контролю статусу акумуляторної батареї.

Датчик струму постійно відстежує та розраховує стан акумуляторної батареї. Контролер системи керування двигуном (КСУД) отримує запит на зарядку акумуляторної батареї від центрального електронного модуля (СЕМ). Далі КСУД керує роботою генераторної установки.

Контролер системи управління двигуном (КСУД) контролює ефективність двигуна за допомогою кількості моментів, необхідних для передачі зусилля. Якщо потрібен слабкий момент, контролер системи керування двигуном (КСУД) переводить генератор на управління генераторної установки, незважаючи на те, що центральний електронний модуль (СЕМ) запитує напругу на генератор. Це відбувається під час гальмування двигуном, коли енергія руху автомобіля може використовуватися для заряджання акумулятора. Модуль управління генератором (АСМ) отримує від контролера системи управління двигуном (КСУД) інформацію про напругу зарядки, яку генераторна установка повинна підтримувати.

Центральний електронний модуль (СЕМ) отримує інформацію про стан віддачі двигуна від контролера системи керування двигуном (КСУД). Центральний електронний модуль (СЕМ) керує генераторною установкою та визначає режим керування роботою генераторної установки. У ситуаціях, коли віддача двигуна низька, тобто коли момент двигуна необхідний для руху автомобіля, СЕМ зменшує навантаження на

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

двигун.

Генераторна установка керуватиметься в залежності від ефективності двигуна, споживання струму в автомобілі та статусу Акумуляторної батареї наступним чином:

- звичайний заряд акумуляторної батареї (рис. 31),
- відновлення акумуляторної батареї,
- ідентифікація акумуляторної батареї,
- регенерація енергії акумуляторної батареї за допомогою гальмування. Регенерація може відбуватися повільно, швидко чи повільно без розряджання.

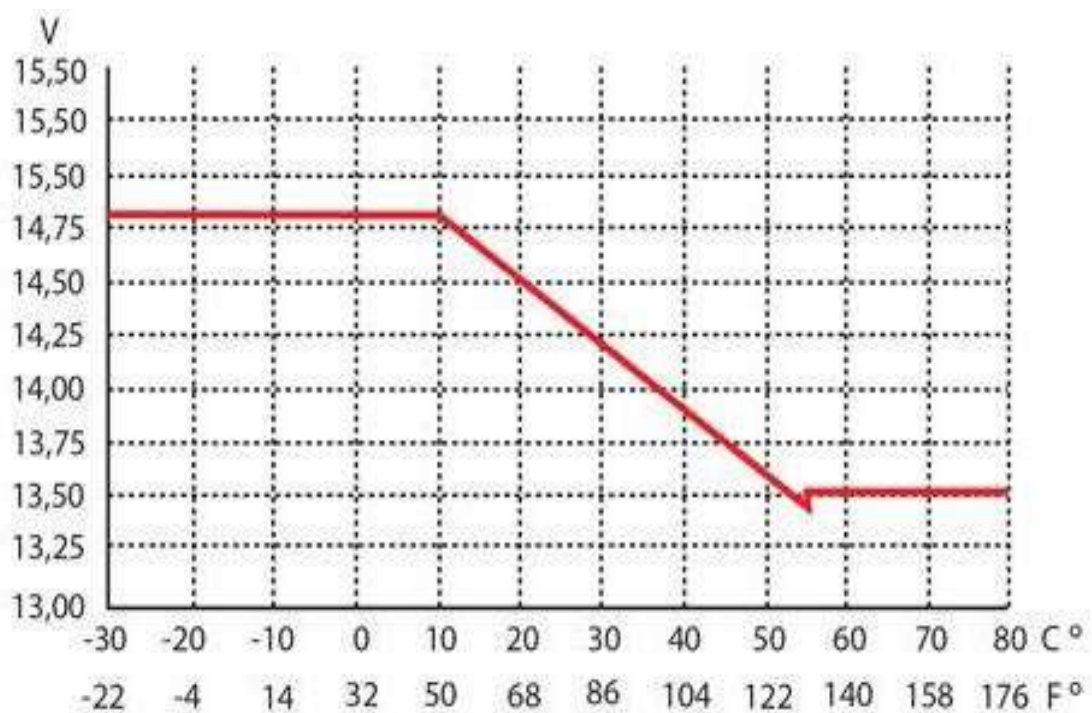


Рисунок 31 – Графік звичайного заряду акумулятора

Розрахуйте вихідну напругу генераторної установки за допомогою температури акумуляторної батареї, отриманої від датчика струму, щоб максимально зарядити акумуляторну батарею.

Як показано на рисунку 32, регулятор заряджання, також відомий як модуль керування генераторною установкою, змінює вихідну напругу

відповідно до вимог центрального електронного модуля. За допомогою традиційної зарядки акумуляторна батарея завжди заряджатиметься до 100% ступеня заряду.

Звичайно, функція регенерації гальмування підзарядить акумулятор до 85% заряду зважаючи на сезонність і кліматичні умови..

Ефективність прийому заряду зменшується разом із температурою АКБ показано рисунку 32.

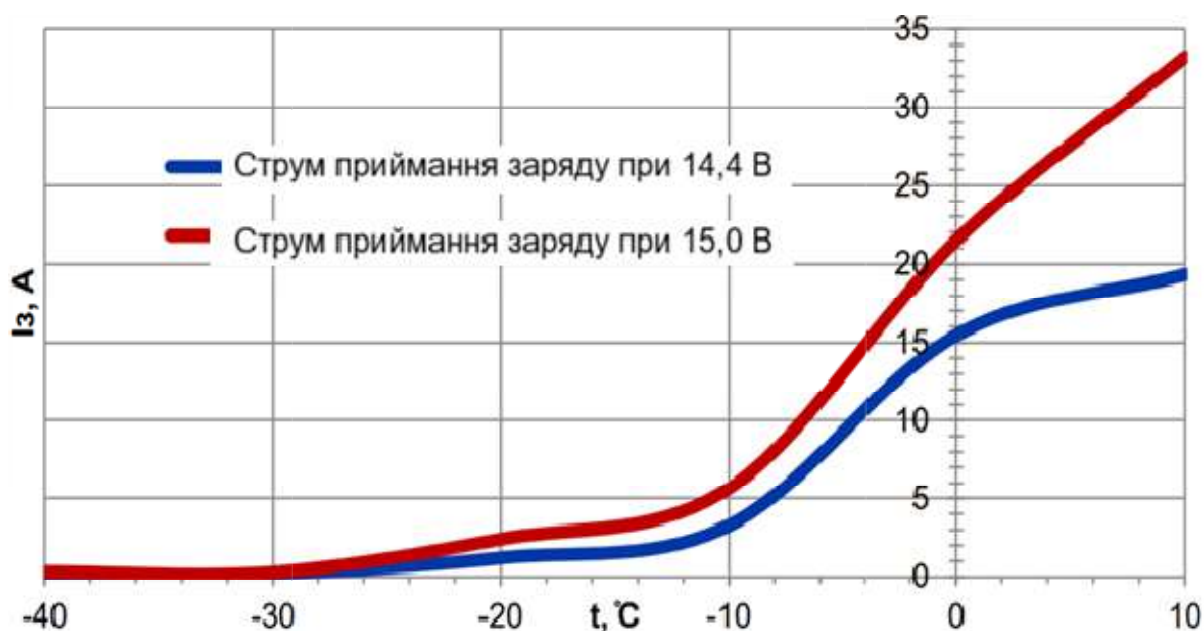


Рисунок 32 – Характеристика зарядного струму батареї 62 Ач АКОМ (Ca/Ca) на 10 хвилин при SOC = 50%

Приміщення: Характеристики заряду спеціальної батареї для системи «Старт-стоп» типу EFB можуть дещо відрізнятися від наведених тут даних, але це в основному не вплине на алгоритм заряду.

Можливість заряду АКБ значно знижується при температурі нижче нуля, а при температурі нижче двадцяти градусів практично зводиться до нуля. Це означає, що під час руху автомобіля в холодну пору року будь-який розряд батареї (наприклад після холодного пуску) не буде компенсований під час роботи генератора. Звідси випливає, що при негативних температурах (нижче за мінус 10°C) зарядна напруга при будь-якому режимі руху

автомобіля (у тому числі на холостому ході) не повинна опускатися нижче напруги ЕРС батареї (13 В). Це можна досягти двома способами за підвищеного енергоспоживання на холостому ході:

- Збільшенням оборотів двигуна,
- відключенням другорядних навантажень, що не впливають на безпеку руху. Під час руху автомобіля підтримка ЕРС АКБ можлива лише другим способом.

### 3.2.4 Додаткові функції LIN регулятора

До додаткових функцій LIN регулятора можна віднести вибір швидкості нарощування потужності (рис. 33).

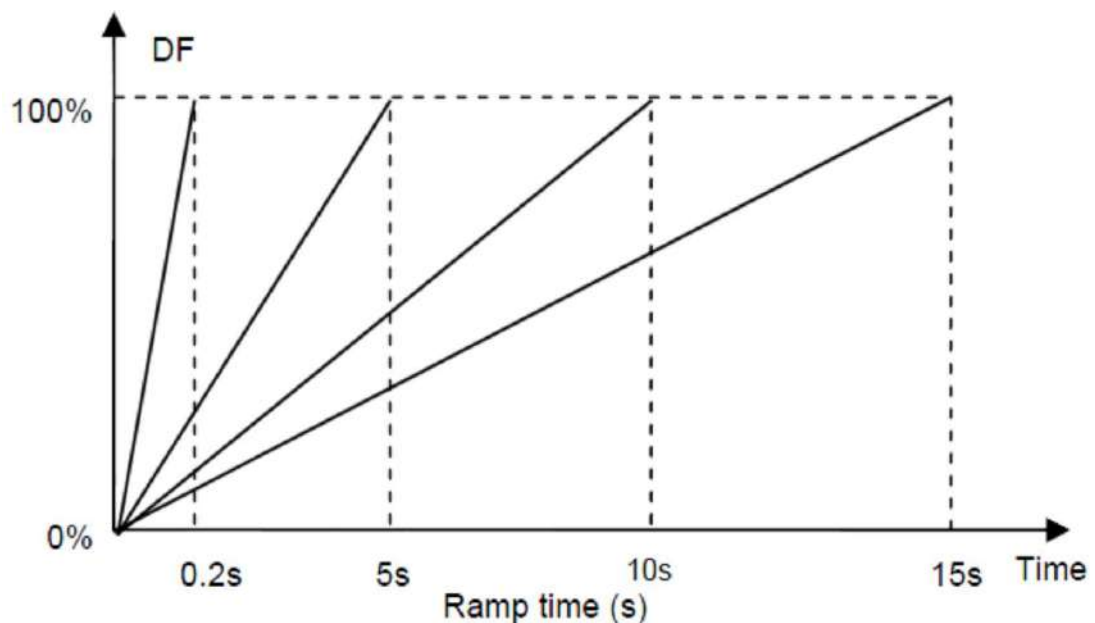


Рисунок 33 – Графік швидкості нарощування потужності

Регулятор може вибрати різні швидкості нарощування потужності, як показано на графіку LIN. Це фактично швидкість нарощування струму в обмотку збудження залежно від різних умов стану автомобіля.

На рис. 34 показано результати діагностики відхилення напруги акумуляторної батареї.



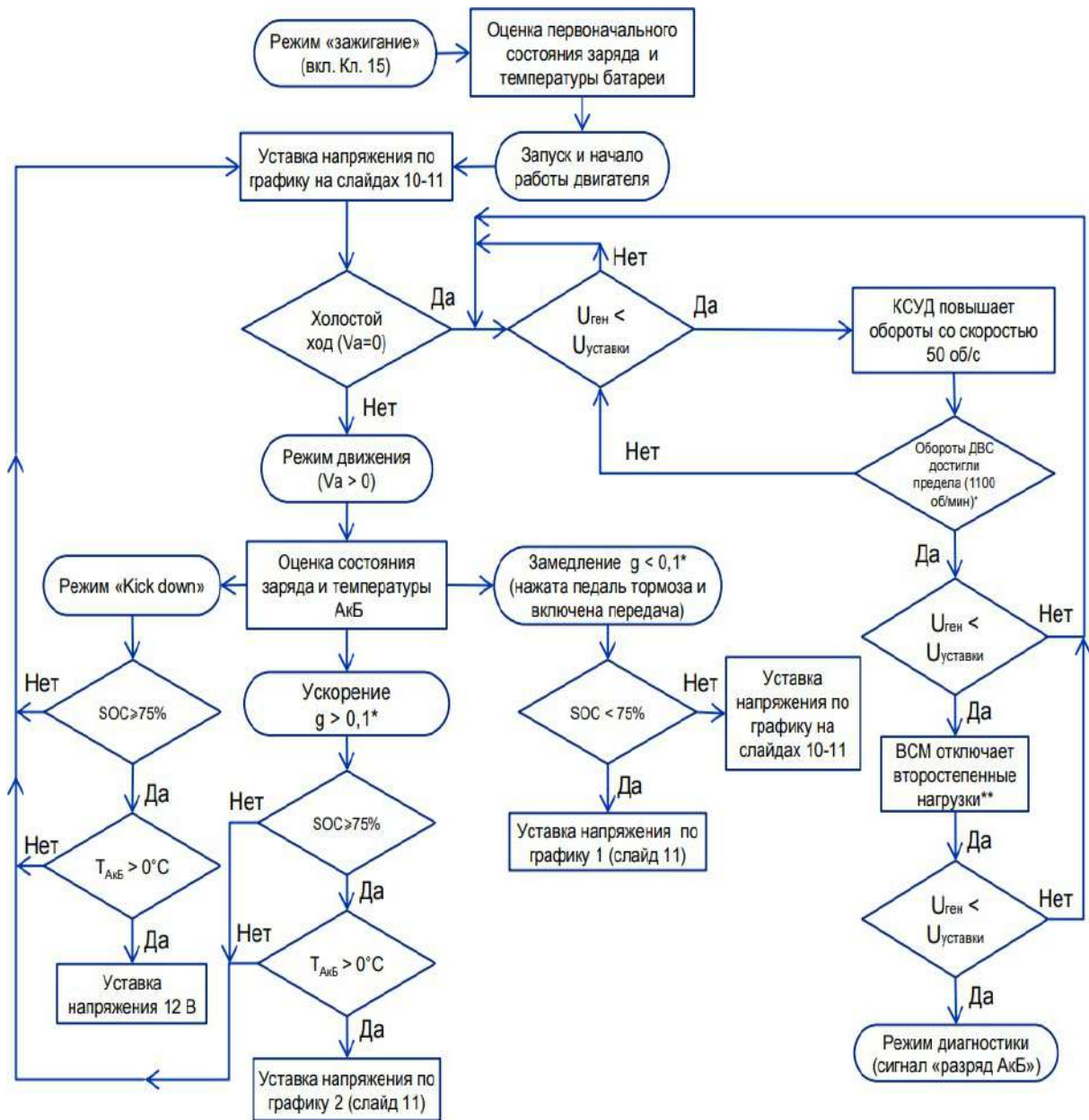


Рисунок 35 – Алгоритм регулювання напруги.

У процесі розробки стратегія управління системою електропостачання була розроблена, щоб забезпечити підтримку рівня напруги залежно від температури акумуляторної батареї та умов завантаженості бортової мережі.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

### 3.3 Опис алгоритму регулювання напруги

\* Калібрований параметр

\* \* реалізується за технічної можливості за окремим алгоритмом

Примітка:

- якщо рівень заряду батареї (SOC) опустився нижче 60% більш ніж на 1 хвилину – КСУД направляє у комбінацію приладів діагностичний сигнал «АкБ розряджена»;

- якщо під час руху напруга генератора  $U_{ген}$  буде протягом 10 \* секунд нижче напруги уставки  $U$  уставки більш ніж на  $0,5 * V$  - КСУД направляє в комбінацію приладів діагностичний сигнал «розряд АкБ»;

Опис алгоритму регулювання напруги.

- при включенні запалення КСУД запитує ВСМ рівень заряду (SOC) і температуру АкБ;

- після запуску двигуна КСУД задає уставку напруги за графіками;

- на холостому ходу при недостатній потужності генератора (задана напруга нижче напруги уставки), КСУД підвищує обороти двигуна зі швидкістю  $50*$  об/с до рівня досягнення заданої напруги уставки (але не більше  $1100*$  об/хв);

- якщо потужності генератора при реалізації п. 3 все одно не вистачає, ВСМ відключає другорядні електроспоживачі за окремим алгоритмом (при технічній можливості реалізації);

- під час руху автомобіля КСУД задає уставку напруги за графіками;

- якщо при русі автомобіля потужності генератора недостатньо, ВСМ відключає другорядні електроспоживачі за окремим алгоритмом (за технічної можливості реалізації);

- у режимі прискорення ( $g > 0,1*$ ) якщо температура АкБ  $> 0$  і її заряду  $SOC > 75\%$ , КСУД задає уставку напруги за графіком;

- в режимі Kick down якщо температура АкБ  $> 0$  і рівень її заряду SOC

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

> 75%, КСУД задає уставку напруги 12 В;

- у режимі гальмування (при включеній передачі) за рівня заряду АкБ < 75% КСУД задає уставку напруги за графіком.

Нарешті розробка методу управління напругою призводить до невтішного висновку, що використання функцій управління напругою генератора та датчика струму на автомобілях РЕНО дозволяє отримувати більш точні показники акумуляторної батареї, що дозволяє створювати гнучкі алгоритми підтримки заряду акумулятора. Запобігання розряду акумуляторної батареї збільшить термін служби батареї, дозволить контролювати рівень заряду батареї та зменшить проблеми з холодним запуском автомобіля взимку. За даними Renault, метод управління рівнем напруги в бортовій мережі автомобіля та заряду акумуляторної батареї може покращити експлуатаційні характеристики акумуляторної батареї, а також зменшити витрати палива та викиди CO<sub>2</sub>.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

## Висновок

За результатами дослідження було проведено аналіз і моделювання загального стану системи електропостачання автомобіля. Було виявлено, що помилки в налаштуванні регуляторів напруги на десяті частки вольту можуть призвести до того, що акумуляторна батарея не буде працювати протягом тривалого часу та не буде готова до пуску. І поставлено проблеми, які потрібно вирішити, щоб підвищити її експлуатаційні характеристики. Проаналізовано датчик контролю струму акумуляторної батареї, який дозволяє інтегрувати в систему електропостачання автомобіля за допомогою підключення по шині LIN до контролера BSM, що має значні переваги та дозволяє вирішити першу проблему системи електропостачання автомобіля. Проведений аналіз стратегії управління напруги Energy Smart Management від компанії РЕНО, що дозволяє ефективно управляти генераторною установкою та отримати підвищені експлуатаційні характеристики системи електропостачання та зниження емісії 2;

Розроблено оригінальний підхід до управління напругою автомобілів РЕНО, який збільшує експлуатаційні характеристики системи електропостачання та знижує емісії 2. Крім того, було розроблено алгоритм керування системою електропостачання автомобіля, який використовує стратегію керування напругою автомобіля.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>70</i>

## Список використаної літератури

- 1 Алієв, І.І. Електротехніка та електроустаткування. Довідник / І.І. Алієв. – К.: Вища школа, 2010. – 1199 с.
- 2 Анчарова, Т.В. Електропостачання та електрообладнання.: Підручник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевська, О.Д. Стебунова. – К.: Форум, 2015. – 48 с.
- 3 Вахламов В.К. Автомобілі: Експлуатаційні властивості: Підручник для студ. вищ. навч. закладів. - Л.: Академія, 2005.
- 4 Данов, Б.А. Електроустаткування автомобілів/Б.А. Данів. - Х: ГЛТ, 2005. - 206 с.
- 5 Коломієць, А.П. Електропривод та електрообладнання: підручник для ВНЗ / О.П. Коломієць, Н.П. Кондратьєва та ін - К.: Колос, 2007. - 328 с.
- 6 Набоких, В.А. Електроустаткування автомобілів та тракторів. Підручник - В.А. Набоких. – К.: Academia, 2018. – 44 с.
- 7 Резнік А.М. Електроустаткування автомобілів: Підручник для автотранспортних технікумів. - О.: Транспорт, 1990. - 256с., іл., табл.
- 8 С.Ф. Зеленін, В.М. Молоков «Підручник з влаштування автомобіля» Русь автокнига 2000;
- 9 Туревський, І.С. Електроустаткування автомобілів: Навчальний посібник / І.С. Туревський. – К.: Форум, 2018. – 256 с
- 10 Чижков, Ю.П. Електроустаткування автомобілів та тракторів / Ю.П. Чижків. – К.: Машинобудування, 2007. – 656 с.
- 11 Шестопалов, С.К. Влаштування легкових автомобілів: О 2 год. Ч. 1. Класифікація та загальний пристрій автомобілів, двигун, електрообладнання. Підручник/С.К. Шестопалов. – Х.: Academia, 2015. – 448 с.
- 12 Ютт, В.Є. Електроустаткування автомобілів: Підручник для вузів/ В.Є. Ютт. – Л.: Гаряча лінія – Телеком, 2016. – 440 с.
- 13 Ayst, J. Voltage control current switch with short circuit protection / J.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

Ayst // Electron. World. – 2005. – V.111. - №1833. – P. 52-53.

14 Francois, F. За допомогою методу методу в тесті високої потужності електричних перетворювачів / F. Francois, JJ Huselstein, S. Faucher, M. Elghazouani, P. Ladoux, TA Meynard, F. Richardeu, C. Turpin // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2006. – V.53.- №2. – P. 530-541.

15 Hainfret-Ariijtila, J. Low supply voltage high- performance CMOS-current mirror with low input and output voltage requirements /J. HainfretAriijtila, RG Carpnjal, A. Tarralba//IEEE Trans. Circuits and Syst. (Sec.) 2. – 2004. -V. 51. - №3– P. 124-129.

16 Hidall, AL Factors, що відносяться до розвитку, selection i servis of automative storage batteries / AL Hidall // SAE, Journal. – 1967. – N 5. – p. 56-58.

17 Jang, Y. New soft switched PFC boost rectifier with integrated flyback converter for stand-by power / Y. Jang, DL Dillman, MM Jovanovic // IEEE Trans. Power Electron. – 2006. – V.21. - №1. - P. 66-72.

18 Little, Daily R. Storage batteries performance of low temperatures/ Daily R. Little// SAE, Journal, - 2008. - N 6. . - p. 37-54.

19 Mostov, PM Optimum capacitor charging efficiency for spage systems /PM Mostov, II Neuringer, DS Rigney // Proceeding of the IRE. - 2001. - v.49. - №5,- p. 941-948

20 Prodic, A. Dead-zone цифрові контролери для несприятливих динамічних відповідей двох harmonic rectifiers / A. Prodic, D. Maksimovic, ER Erickson // IEEE Trans. Power Electron. – 2006. – V.21. - №1. - P.173-181.

21 Xiao, S. Design i аналітика optimal controller для подібних систем Multiinverter / S. Xiao, W. Lik-Kin, L. Yim-Shu, X. Dehong // IEEE Trans. Circuits and Syst. (Sec.) 2. – 2006. – V. 53. – № 1 – P. 56-61.

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Додатки

					<i>КвРАТ 26. 22096. 000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>73</i>