

Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки  
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості  
і на транспорті

## **Пояснювальна записка**

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Автоматизація системи електричного живлення будинку»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕПА-20м  
спеціальності 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
освітня програма – «Електромеханічні системи  
автоматизації та електропривод»

Ковтун Олег Володимирович

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Богачук В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2021 р.

## АНОТАЦІЯ

Ковтун О.В. Автоматизація системи електричного живлення будинку. Магістерська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – \_\_\_ с. Бібліог.:23. Іл.:\_\_\_. Табл. \_\_\_.

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено огляд усіх відомих систем електричного живлення, в тому числі і альтернативних джерел енергії. Розглянуто методи та засоби створення систем живлення будинків, розглянуто особливості кожного з методів, розроблено свою комбіновану систему електричного живлення для будинку та її автоматизовано.

Розглянуто також питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: альтернативні джерела енергії, автоматизована система живлення, сонячна електростанція, дизельний генератор, централізоване електропостачання.

## SUMMARY

Kovtun O.V. Automation of the power supply system of the house. Master's thesis. - Vinnytsia: VNTU, 2021. –\_\_ p. Bibliog .: 23. Fig .: \_\_. Table \_\_.

The master's qualification work reviews all known power supply systems, including alternative energy sources. Methods and means of creating power supply systems for houses are considered, features of each of the methods are considered, the combined power supply system for the house is developed and it is automated.

The issues of labor protection and safety in emergency situations are also considered.

Key words: alternative energy sources, automated power supply system, solar power plant, diesel generator, centralized power supply.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ .....	8
1.1 Дослідження живлення будинку за допомогою сонячною електростанцією .....	8
1.2 Розгляд електропостачання будинку вітровою електростанцією.....	13
1.3 Дослідження електричного живлення будинку генераторною станцією....	18
1.4 Розгляд електроживлення будинку за допомогою централізованого електропостачання .....	21
1.5 Постановка задачі дослідження для автоматизації системи електропостачання .....	22
2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ .....	24
2.1 Вибір та вдосконалення схеми автоматизації електричного живлення будинку .....	24
2.2 Написання алгоритму роботи автоматизованої системи .....	25
3 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ .....	29
3.1 Блок дизельної електростанції .....	29
3.2 Блок сонячної електростанції .....	31
3.3 Блок сонячної радіації і температури навколишнього середовища.....	36
4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ .....	43
4.1 Розрахунок необхідної кількості електроенергії для всього будинку .....	43
4.2 Давач температури .....	44
4.3 Сонячні панелі .....	46
4.4 Інвертор.....	49
4.5 Акумулятор.....	52
4.6 Контролер заряду акумуляторів .....	54
4.7 Розрахунок потужності та вибір дизель-генератора .....	56
5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	59

5.1 Розрахунок капітальних вкладень .....	59
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат .....	60
5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань .....	61
5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу .....	61
5.2.3 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання .....	62
5.2.4 Інші витрати.....	63
5.3 Визначення економічної ефективності проєкту .....	64
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	66
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації.....	67
6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць .....	67
6.1.2 Електробезпека .....	69
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії .....	71
6.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення .....	71
6.2.2 Склад повітря робочої зони .....	72
6.2.3 Виробниче освітлення.....	73
6.2.4 Виробничий шум.....	74
6.2.5 Виробничі вібрації.....	76
6.2.6 Психофізіологічні фактори .....	77
6.3 Цивільний захист.....	79
6.3.1 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах надзвичайних ситуацій .....	79
6.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	80
6.3.3 Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах дії електромагнітного імпульсу .....	81
6.3.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електричного живлення будинку у надзвичайних ситуаціях.....	83
ВИСНОВКИ .....	86

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	87
Додаток А Технічне завдання.....	90
Додаток Б Ілюстративні матеріали .....	93

## ВСТУП

На сьогодні саме автоматизація будь яких процесів ґрунтується на застосуванні первинних технологій і є могутнім фактором підвищення продуктивності праці. Автоматизація – найвищий етап створення та застосування технології для контролю та управління певним процесом або виробництвом. Але мало хто автоматизує такий процес, як електричне живлення будинку. Щось подібне можна зустріти в роботах про розумний дім, але там автоматизація стосується вбільшості самої роботи будинку но не його живлення електроенергією [5].

Враховуючи, що для автоматизації використовуються різні технології, які щомиті розвиваються та врахуючи той факт, що мало хто приділяє увагу автоматизації процесу електричного живлення будинку. Можна сказати, що цей напрямок є одним із найактуальніших напрямків [9].

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є зменшення споживання електроенергії від централізованої електричної мережі та мінімізації ролі людини у процесі контролю живлення, за допомогою автоматизації процесу розподілення електроенергії, що споживається.

Об'єкт дослідження – є процеси функціонування деяких ланок системи, що супроводжуються застосуванням новітніх технологій

Предмет дослідження – автоматизація системи електричного живлення будинку на базі гібридної системи живлення.

Для досягнення мети потрібно виконати:

- проаналізувати які існують способи електричного живлення будинку;
- вибрати альтернативний спосіб живлення ;
- розробити структуру автоматизованої системи живлення будинку;
- зробити вибір елементів автоматизованої системи та розрахувати їх кількість;
- провести моделювання роботи елементів автоматизованої системи електропостачання будинку.

Методи дослідження – при написанні роботи використовувалися: системи автоматизації управління технічними проєктами і теорія автоматичного управління, сучасні інформаційні технології.

Наукова новизна: полягає у створені нового та продуманого алгоритму роботи автоматизованої системи електричного живлення будинку з різними сценаріями відпрацювання та можливістю вносити корективи в дані сценарії.



# 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СПОСОБІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ

Самий простий спосіб заживити будинок електроенергією є підключення будинку до централізованого електропостачання. Але також існують ще альтернативні способи електричного живлення будинків. Тому розглянемо всі існуючі способи.

## 1.1 Дослідження живлення будинку за допомогою сонячною електростанцією

На сьогоднішній день здобути електроенергії за рахунок сонячної енергії набирає попиту. Популярності в енергетиці здобули електростанції на базі сонячних панелей. Ці електростанції використовують як і для великого електропостачання, тобто електростанції потужністю десятки мегават, так і для живлення електроенергією будинку [4].

Сонячна електростанція для приватного будинку – це система за доступною ціною, з високою надійністю та можливістю автономної установки для приватних будинків. Дана електростанція дає можливість забезпечити будинок електроенергією та продавати залишки електроенергії за «Зеленим тарифом». З приводу цього тарифу можна зауважити, що держава закликає на перехід сонячних батарей, оскільки це є цілком екологічно. Існує декілька нюансів, щодо складання договору користування електроенергією з централізованої мережі з можливістю продажу енергії по зеленому тарифі, коли встановлена сонячна електростанція: дана електростанція має бути потужністю не більше чим 3 кВт та не переходити величину вказаної потужності споживання у договорі. Тобто коли укладений договір на споживання потужності 3 кВт і встановлена сонячна електростанція на 3 кВт, то даний споживач отримує в Україні можливість продавати залишки енергії за зеленим тарифом. При цьому ціна за потужність прив'язана до євро і зараз становить 0,18 євро / 1 кВт-год [7].



Рисунок 1.1 – Структурна схема сонячної системи живлення для будинку

Сонячні електростанції складаються із: сонячних батарей, інвертора та акумуляторів для резерву енергії. Одним із головних складових даної електростанції є сонячні батареї, які існують двох типів.

Одні із популярних панелей є монокристалічні батареї. Даний тип батарей є добре захищеними від пилу та вологи, оскільки складається із багатьох силіконових осередків, які в свою чергу розміщені в корпусі, який складається із міцного та надійного склопластика. Під час попадання сонячних променів на даний тип сонячних батарей відбувається регенерація сонячної енергії в електричну за рахунок протікання процесу під назвою фотоелектричний ефект. Монокристалічні сонячні батареї мають можливість вигинатися на невеликий кут, що дає можливість ставити їх на поверхні з не рівним покриттям, також вони є компактними та легкими у використанні. Не дивлячись на ряд плюсів ці панелі мають і мінус – робота сонячної станції залежить від сонячного випромінювання, при певній хмарності потужність станції з використанням даних панелей падає майже до 50% [9].

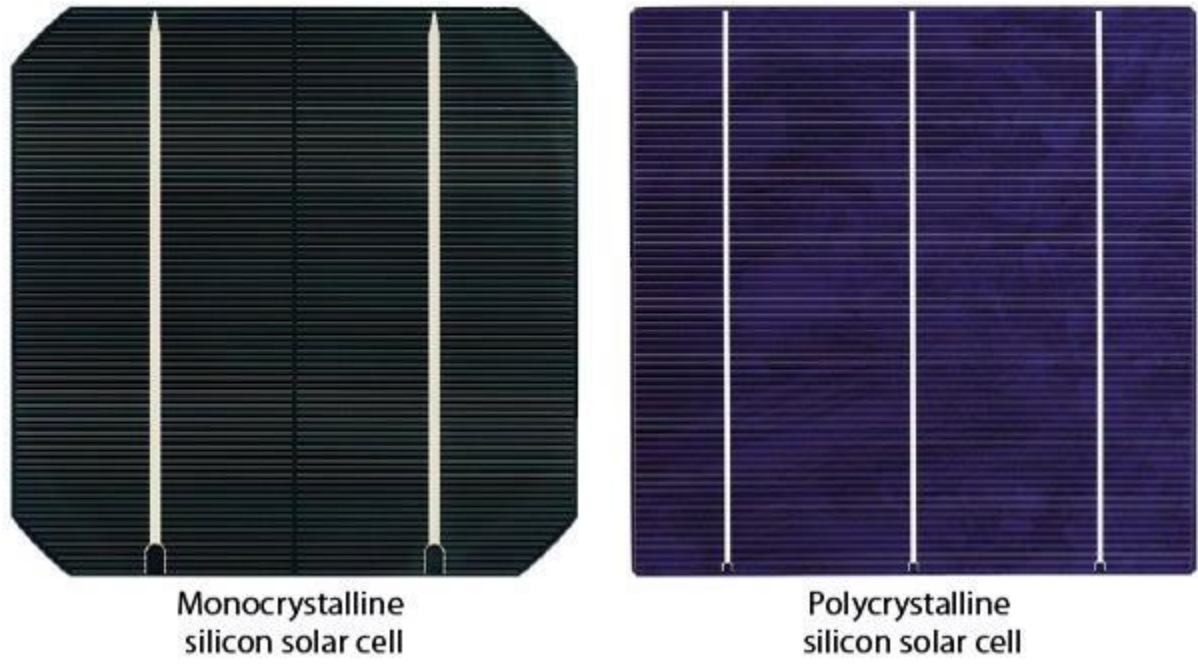


Рисунок 1.2 – Зовнішній вид сонячних панелей

Другий тип сонячних батарей є полікристалічні панелі, які відрізняються від монокристалічних своєю будовою, наприклад, відрізняються своїми осередками, які є полікристалічні кремнієві. Даний тип батарей широко використовують для портативних зарядних пристроїв, електропостачання вуличних ліхтарів над пішохідними переходами за межами населених пунктів, та обов'язково використовують у великих та потужних сонячних електростанціях, оскільки ці панелі набагато краще працюють у похмуру погоду ніж монокристалічні панелі [3].

Але для більш продуктивної роботи даного типу панелей потрібно розрахувати під яким кутом інтенсивність сонячного проміння є найбільш ефективнішим і врахувати саме місце де будуть встановлюватися ці панелі. Найбільш поширеним способом монтажу полікристалічних панелей є монтаж їх на дахи будинків, але також їх можна ставити на спеціальних опорах та навіть на стіні будинку. Для будь якого виду монтажу потрібно врахувати деякі нюанси, наприклад те, що самі панелі які встановлюються під певним кутом не мають затіняти одне одного, а для цього потрібно робити між ними відстань, так званий інтервал. Ще одним із нюансів є те що кут нахилу розраховують з урахуванням географічної широти місцевості, а самі панелі направляють на південь [9].

З точки зору спеціалістів різних професій використання сонячної енергії для добування електроенергії є екологічним, безшумним, надійним та дешевим варіантом, тобто одним із найкращих. За розрахунками спеціалістів в області економіки термін окупності сонячних електростанцій в залежності від їх потужності є цілком не великим, а саме десь 5-7 років. Отже про сонячні панелі можна сказати те що вони їх можна монтувати в зручному місці і вони будуть забезпечувати споживача певною кількістю електроенергії, також можна відмітити про їхню мобільність. Враховуючі всі ці плюси та деякі мінуси бачимо, що сонячну енергію перетворюють в недорогу електроенергію завдяки сонячним батареям [8].

Приблизно з початку 2014 року в Україні діє так званий зелений тариф для не для підприємств, а для приватних осіб, тобто споживач який підключений до централізованої мережі може в себе вдома поставити сонячну електростанцію малої потужності, наприклад для автономного живлення свого будинку, але укласти договір з державою та підключити дану сонячну електростанцію до централізованої мережі і свій надлишок енергії відправляти в мережу та отримувати від держави кошти по відносно хорошому тарифі. За допомогою цього споживач вклавши кошти в сонячну електростанцію економить свої кошти оскільки він майже не споживає електроенергію з мережі, а живиться від сонячних панелей, а продаючи залишок енергії за зеленим тарифом за певний період окуповує вкладені кошти та починає отримувати чистий прибуток [7].

Існують автономні сонячні електростанції які дають змогу заживити певний об'єкт електроенергією там де немає можливості підключення до централізованої мережі електропостачання. Також за допомогою автономних сонячних станцій можна забезпечити об'єкт надійною та стабільною електроенергією. Автономні сонячні станції мають таку деяку особливість на відміну від звичайних сонячних станцій, вони не мають можливості працювати з регіональним електропостачанням. Даний тип станцій має можливість підключення для допоміжного джерела електроенергії паливного генератора або ж вітрогенератора [7].

Для резервного електропостачання та для живлення об'єктів які не підключені до централізованої мережі використовують використовують незалежну від цього автономну електростанцію на базі сонячних панелей. Даний тип електростанції безпосередньо використовують для перетворення сонячної енергії в електроенергію та постачання її відразу в мережу споживача, а надлишок енергії яку не використав споживач напруляє на заряд акумуляторів.

Існує ряд переваг від придбання саме автономної станції:

- автономність;
- незперобійність;
- постійний постачальник електричної енергії;
- висока продуктивність;
- довгий термін служби;
- велика економія коштів;

Для того щоб сонячна електростанція не працювала так сказати в пусту у ночі коли сонячне проміння не падає на самі панелі, необхідно станцію забезпечити певною кількістю акумуляторів , які вдень будуть заряджатися, а вночі віддаватимуть енергію для споживання. Акумулятори є одним із дорогих компонентів електростанції, але завдяки тому, що вони дають можливість не простоювати вночі сонячній станції, це є необхідний компонент [8].

Так само як і плюси існують ще й мінуси, а саме:

- велика вартість;
- для її встановлення потрібно немаленьку площу;
- ефективність дуже залежить від погодних умов;

Проаналізувавши все про сонячні електростанції зрозуміло, що при абсолютній відсутності централізованого електропостачання, та при необхідності мати електроживлення і безперобійність роботи певних систем можна використовувати автономну сонячну електростанцію, а при наявності мережі живлення найефективніше встановити сонячну електростанцію та укласти договір про продаж енергії за зеленим тарифом [9].

## 1.2 Розгляд електропостачання будинку вітровою електростанцією

Забезпечити електроенергією певний об'єкт можна за рахунок вітряка, тобто вітрогенератора, але його вихідна потужність напряду залежить від сили вітру на певній місцевості, тому це обов'язково потрібно враховувати при задумці установити вітряк [11].

З стрімким розвитком різних технологій, вітряк стає одним із альтернативних джерел електроенергії та одним із альтернативних способів економії при задовільній геолокації для встановлення вітряків. Оскільки в повітрі рухаються певні потоки енергії, яку ж можна застосувати на благо людства, а саме за допомогою вітрових установок перетворювати ці потоки в електроенергію [11].

Отже пристрій який перетворює кінетичну енергію вітру в електричну називається вітрогенератор.

Для отримання електроенергії з енергії вітру мало мати тільки сам вітрогенератор, а потрібно мати повністю вітрову електростанцію, будова якої складається з:

- лопастей для захоплення вітрової енергії;
- генератор, що генерує змінний струм;
- контролер за допомогою якого автоматично управляється вітряною станцією;
- акумуляторна станція для акумулювання електроенергії;
- інвертор для регенерації здобутої енергії до стандартів, які потрібні споживачеві;
- щогла для установки вітрогенератора на певній висоті над рівнем землі.

Спостерігають декілька видів щогл, а саме:

- жорсткі;
- поворотні, які зафіксовані розтяжками;
- вільностоящі, які не фіксуються розтяжками.

Робота вітряка доволі проста, а саме лопасті, що зафіксовані на валу генератора за допомогою уловлювання вітру лопасті обертуються, що спричиняє запуск ротора. В результаті цього явища відбувається генерація кінетичної

енергії повітряних потоків в електричну, але не відразу, а спочатку кінетична енергія перетворюється в механічну аж тоді вже в електричну [4].

Після перетворення кінетичної енергії в електроенергію, вона не надходить відразу до споживача, а обов'язково проходить ряд певних перетворень.

В цей ряд перетворень входить генерація змінного струму в постійний струм за допомогою контролера заряду акумуляторів, для того щоб можна було легко акумулювати енергію, далі ж після акумулювання енергії постійний струм знову генерується в змінний за допомогою інвертора, а далі ця енергія може бути спожита приватною електромережею [4].

Дана схема завдяки ряду перетворень енергії згаджує нестабільність напруги та дає змогу відкорегувати напругу за такими критеріями які потрібні споживачеві. Також така послідовність підключення елементів установки дає змогу накопичувати енергію при відсутності споживання [4].

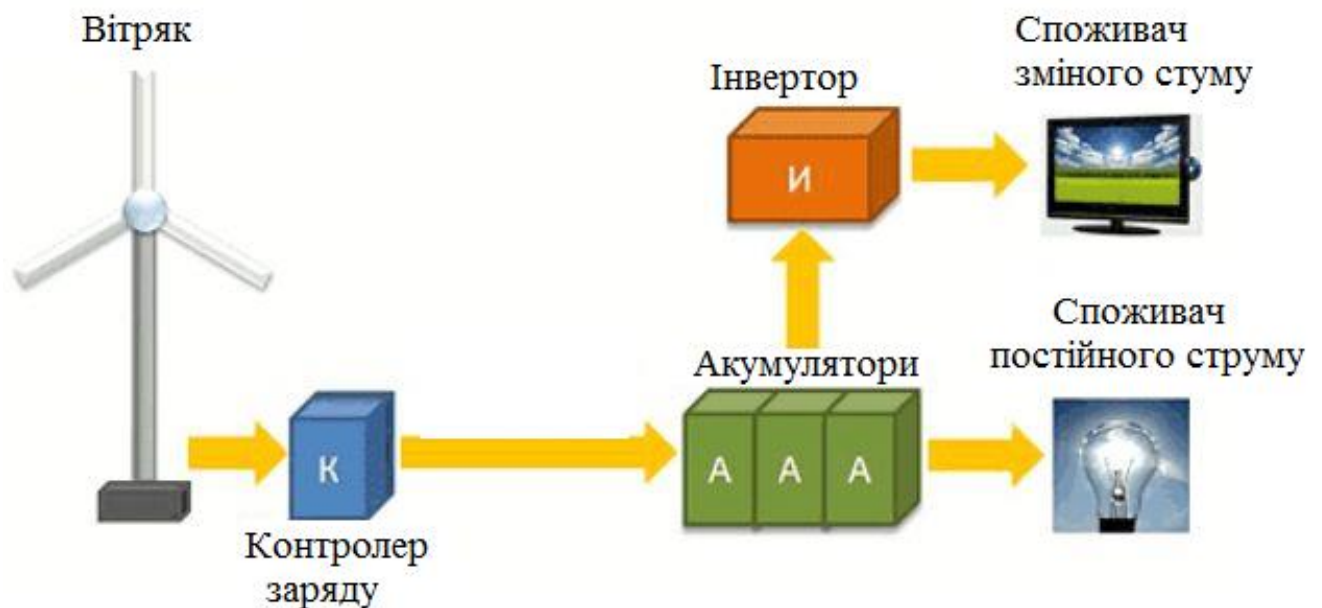


Рисунок 1.3 – Схема роботи вітрогенератора

Але існує і мінус такої послідовності генерації електричного струму як «змінний-постійний-змінний», він полягає в тому, що під час такої генерації відбуваються втрати енергії, а саме около 20 відсотків.

Вітрові електростанції мають можливість працювати в парі із сонячними електростанціями та паливними генераторами.

Якщо ж вітряк всетаки працює з іншими джерелами електроенергії, то дана станція повина мати в своїй конструкції ще автоматичний вимикач, для автоматичного запуску резервного джерела електроенергії при відключенні основного джерела [6].

Враховавши розвиток самих генераторів, а саме розвиток їхньої будови та різноманіття деталей цих генераторів, можна виділити декілька видів. Кожен із цих видів мають свої мінуси та плюси, по різному працюють та мають різноманіття по ефективності роботи.

Отже виділимо декілька типів вітрових установок:

- автономні вітрогенератори, які зазвичай не перевищують потужність 75 кВт, в більшості ще менше ;
- мережеві установки, які можуть складатися з великої кількості вітряків, які об'єднані в одну систему, що генерує та видає енергію в централізовану мережу, порівняно від автономних, потужність;
- установки з віссю обертання вертикального типу;
- установки з віссю обертання горизонтального типу, що використовуються найчастіше, оскільки працюють за простою будовою, коли ротор розташований паралельно землі.

Вітряки з горизонтальним обертанням мають високий ККД майже 40%, легко керувати потужністю та має приємліну ціну, але не дивлячись на це він має певний недолік, а саме висока вібрація та створює великий рівень шуму. Також даний тип вітряків завжди потрібно корегувати за напрямком вітру, а це сприяє установці додаткової системи, яка буде відстежувати напрямок вітру і повертати вітряк за напрямком який потрібний для найбільшої продуктивності [2].



Щоб поставити вітряк даного типу потрібно щоглу понад 8 метрів і не менше та хоча б 120 метрів вільного простору, оскільки є певний рівень шуму та вібрації.

Порівняно з вітряками горизонтального обертання, вітряк вертикального обертання є більш компактним, також вони менше залежать від впливу навколишнього середовища. Ці пристрої мають таку будову, що розташовує турбіну вертикально землі, завдяки такому розташувані дані установки запускаються навіть від невеликого потоку вітрової енергії та не потребують корекції за напрямком вітру [9].

Даний тип вітряків мають відносно малий рівень шуму, що дозволяє їх ставити навіть на дахи будівель.

Попри всі плюси вертикальних турбін є і серйозний мінус – це малий ККД даного типу турбін, який становить 15% та вони набагато дорожчі чим горизонтальні вітряки.

Також вітрогенератори розрізняють за:

- кількістю лопатей;
- матеріалами виготовлення;
- регульований гвинт або фіксований гвинт.

Наприклад для обертання багатолопастевого вітряка потрібно невеликий вітер, що не скажеш про двох або ж трьох лопастевого вітряка. Але попри те що чим більше лопастей тим меншу силу вітру потрібно, є той факт, що кожна наступна лопасть дає більший опір колеса, що ускладнює досягнення робочого оберту генератора [22].

Стосовно зміною кроку гвинта, то він дає змогу розширити діапазон швидкостей для роботи станції, що є великим плюсом. Та це ж і зменшує надійність установки і ускладнює будову вітрового колеса, що ускладнює використання агрегату.

На сьогоднішній день не великі вітрові електростанції використовують як один із альтернативних джерел електроенергії, що дають можливість зекономити кошти на витратах електроенергії.

Зазвичай такі установки встановлюють у віддалених місцях від централізованого електропостачання. Та існує ще причина, чому ж використовуються вітряки таких типів. А причина полягає в тому, що багато хто хоче бути просто повністю автономним від мережі [15].

Деякі місцевості не дають можливості установки вітрових електростанцій, отже для їх встановлення потрібно буде враховувати кліматичні умови місцевості та дивитися, щоб вони співпадали з вимогами спецобладнання.

Серед вимог є те що швидкість вітру повина перевищувати позначку 4 м/с. Тільки при дотриманні цієї умови установка вітряка буде економічно вигідно.

Для того щоб нічого не заважало вітрякові, його потрібно встановлювати на певній висоті і чим вище тим ефективніше. Також при установці вітряної електростанції для будинку потрібно забезпечити її вільним простором, тобто бажано на певній відстані від будинку.

Самим чудовим місцем для установки вітряків вважається вершина пагорбів, тому що там повітряні маси перемішуються з збільшеним тиском і там вища швидкість вітру. Також добрим місцем розташування вважають приморські регіони та степові зони. Але для того, щоб знати точно де завжди є вітри і мають достатню швидкість для роботи вітряків потрібно дивитися карту вітрів [12].

Також при установці потрібно враховувати той факт, що навіть деякі перешкоди в радіусі біля 250 метрів будуть заважати чудовій роботі вітрогенератора. Для досягнення максимального ККД потрібно встановлювати вісь турбіти як мінімум на 5-7 метрів вище певних перешкод.

Щоб правильно підібрати вітрогенератор, потрібно знати та врахувати базову інформацію:

- розрахувати максимальну кількість енергії, що потрібна для споживання;
- переглянути карту вітрів для вашої місцевості і врахувати всі ці дані;
- врахувати шумність вітряка, та площу де він має бути;
- проаналізувати декілька установок різних виробників та вибрати більш ефективний.

Вибір елементної бази вітрової електроустановки залежить від значення номінальної потужності, та потужності яку потрібно споживачеві. Наприклад вибір щогли напряду залежить від цих показників, тому якщо на висоті 10 метрів вітрогенератор не буде справлятися то можна взяти щоглу заввишки 30 метрів, де швидкість вітру вища і там вже вітрогенератор справлятиметься із своєю задачею [12].

Також потрібно зазначити, що на кінцевий результат впливає і діаметр самого колеса, наприклад, при збільшені колеса в два рази при тому ж вітрі ефективність вітряка збільшується в 4 рази.

Велику роль відіграють і акумулятори, оскільки при тихому вітрі вони зможуть забезпечити електроживлення хоч і не надовгий період.

Малопотужні вітрогенератори з легкими щоглами можливо встановити самостійно. Центральну опору ставлять на укріпленому залізобетонному фундаменті. Також використовують додаткові кріплення у вигляді розтяжок.

Отже встановлення вітрогенераторів надає ряд переваг:

- генерація вітрової енергії в електричну;
- безпечність з екологічної точки зору;
- деталі майже не зножуються;
- відсутність шкідливих відходів;
- певний період експлуатації, що становить 25-30 років;
- відсутність постійного контролю роботи установки.

### **1.3 Дослідження електричного живлення будинку генераторною станцією**

Нерідко мешканці приватних будинків стикаються із проблемою тимчасового припинення постачання електроенергії, яке може тривати від кількох годин до кількох діб, залежно від ступеня складності причини. Саме тому вдалим рішенням для власників буде використання системи резервного електропостачання будинку на базі паливного генератора, оскільки за рахунок автономних інверторів та акумуляторів забезпечується безперебійне живлення.

Безперечною перевагою зазначеної системи резервного електропостачання є можливість адаптувати конфігурацію обладнання відповідно до необхідного господарю будинку навантаження, електрозабезпечення в такому випадку реалізується в автоматичному режимі до декількох тижнів [6].

Крім того, система електропостачання на базі паливного генератора є рятівним важелем в разі нестачі виділеної потужності, наприклад, під час пікових навантажень на систему, оскільки недоліки звичайної системи електропостачання в цьому випадку можуть спричинити знеструмлення всього будинку.

Окрім використання в якості альтернативи, дизельні генератори використовують і як постійне джерело енергії для тривалих навантажень. За рахунок цієї властивості ними користуються не лише в приватних будинках, а й на концертних та будівельних майданчиках, заводах, фабриках тощо. Відповідно до цього електростанції на дизельному паливі можуть бути малими та великими з обов'язковим забезпеченням охолодження системи: у першому випадку – природним повітряним, а в другому – із примусовим водяним [6].

У разі необхідності придушення шуму під час роботи, а також захисту від вологи та пилу дизельний генератор може бути в спеціальному захисному корпусі. Особливо необхідним такий корпус буде в тому випадку, коли генератор встановлений у приміщенні, де постійно знаходяться люди [6].

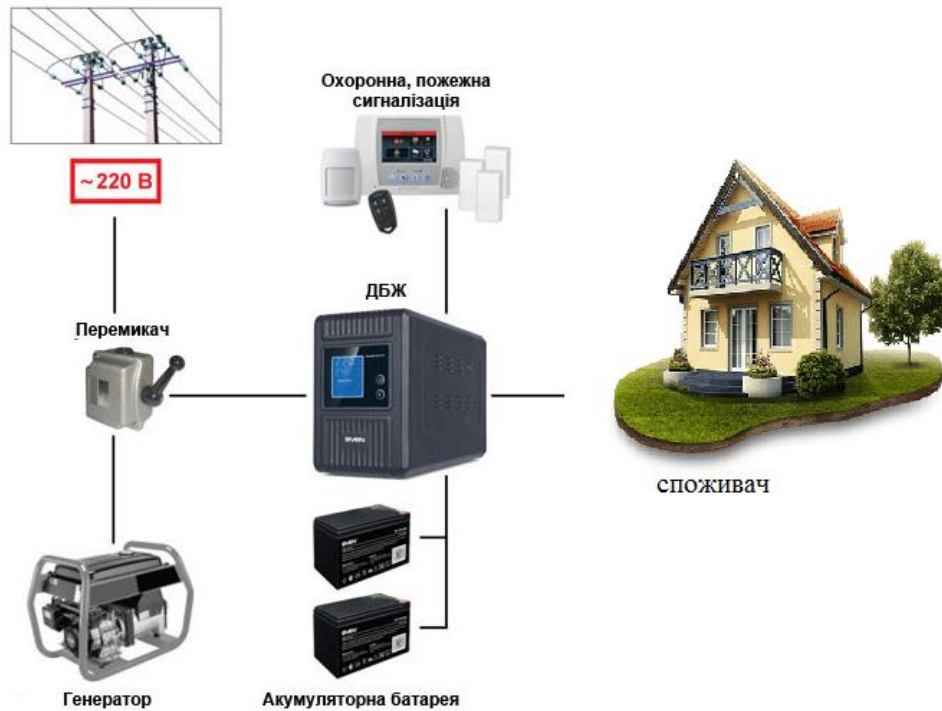


Рисунок 1.4 – Система живлення на базі генератора

Зазначена вище інформація дає змогу виокремити переваги та недоліки в роботі резервної електростанції на базі дизельного генератора. Зокрема, до недоліків можна віднести великі габарити генератора, високий рівень шуму в разі відсутності захисного корпусу. Дизельні генератори є досить дорогими в обслуговуванні, а також потребують використання додаткових стабілізаторів напруги. Навколишні умови теж відіграють негативну роль у їх роботі, адже в разі мінусової температури їх складно запустити. Цінова категорія дизельних генераторів значно вища за бензинові, проте це виправдовується довговічністю терміну служби [16].

На протипагу цьому слід повторно зазначити, що дизельні генератори відзначаються високим ступенем надійності подачі електроенергії, мають велику потужність. Ще однією їх перевагою є можливість працювати досить довгий час безперервно, що є безперечним аргументом в місцях виникнення частих збоїв у роботі звичайної системи електроподачі [17].

## 1.4 Розгляд електроживлення будинку за допомогою централізованого електропостачання

Кожен власник приватного будинку перед приєднанням до загальної мережі електроенергії має прослідкувати відповідність технічних умов об'єкту для цього процесу. Лише після цього може відбутися підключення до найближчої електричної мережі, за погодженням мережевої компанії, після розгляду заявки та необхідного пакету документів заявника [24].

Є два види ведення дротів: підключення по повітряній лінії та підземне (траншейне) ведення електрики. Розглянемо нижче кожен із видів.

Перший вид приєднання будинку до лінії електропередач – повітряний – є простим у реалізації та відносно дешевим, оскільки фахівці просто проводять кабель від найближчої опори до будинку. Але існують певні вимоги до відстані між опорою та будовою – від 10 до 25 метрів. У разі перевищення цього параметру необхідно встановлювати додаткові опори [24].

Безпосередньо в будинок кабель можна ввести двома способами: через стіну та через дах. У випадку введення через дах використовують металеву трубу-стояк, яку необхідно обов'язково заземлити, а сам кабель ведуть на 2 метри вище рівня даху.

Для введення кабеля через стіну у ній роблять спеціальний технологічний отвір, у який вставляють металеву трубу із пластиковою гофрою. Саме через них кабель вводиться всередину будівлі, де вже потім фіксується ізоляторами.

У самому будинку кабель підключається до розподільчого пристрою, звідки проводиться розведення мережі кабелів по будівлі до потрібних точок. Облік використаної електроенергії проводиться за допомогою лічильника, який наразі встановлюється разом зі стабілізаторами лише поза будівлею у спеціальному герметичному контейнері [24].

Другий вид введення кабелю від загальної системи електромережі – підземний (траншейний) – є дороговартісним, проте більш безпечним. Кабель кріплять до стовпа хомутами, укладають у трубу, яка пролягає на глибині, як мінімум, 0,8 метрів від стовпа ЛЕП до технологічного отвору у фундаменті

будинку. Висота труби має бути не менше 3 метрів. У деяких випадках підключення кабелю виконують за допомогою трубостойки, яку необхідно вкопати в землю. У разі перетину інженерної траси дорогою глибина траншеї для електрокабелю має бути не меншою, ніж 1,8 метра. Важливо дотримуватися технічних умов і самим користувачам, тому кабель не може проходити безпосередньо під самим будинком.

### **1.5 Постановка задачі дослідження для автоматизації системи електропостачання**

Проаналізувавши джерела електропостачання будинку, визначили особливості, переваги та недоліки способів електропостачання, щоб більш детально зрозуміти як відбувається електричне живлення будинків та визначитися, що саме потрібно автоматизувати в певній системі живлення.

Особливу увагу із сучасних варіантів електропостачання потрібно звернути на сонячні панелі. З'єднавши певну кількість панелей і об'єднати їх з деякими елементами, можна отримати міні сонячні електростанції. Ці ж системи є простими, надійними та багатовічними. Так звана домашня електростанція може бути як і на 5 кВт так і на 30 кВт, та обидві вони забезпечать електропостачанням на високому рівні.

Сонячна електростанція, яка використовується для будинку є система певних елементів, що взаємопов'язані. Так сонячні панелі з'єднуються в єдиний ланцюг, який перетворює за допомогою фотоелектричного явища сонячну енергію в електроенергію, що передається контролеру заряду для заряду акумуляторів. Після контролера у вигляді постійного струму енергія передається на інвертор, де генерується в змінний струм та коригується за відповідними показниками, які необхідні для ідеальної напруги споживачеві.

Домашні електростанції мають ряд переваг:

- довгий період роботи;
- страхування всього обладнання;
- можливість продажу енергії за зеленим тарифом;

- швидкий термін окупності;
- безшумні;
- безпечні з екологічної точки зору.

Отже один із сучасних способів електричного живлення є сонячна електростанція, але самий простий та дешевий спосіб це підключення до централізованого електропостачання, але дуже часто буває відключення, збій електропостачання, скачки напруги, просідання мережі і т.д. Отже цей спосіб є простим, але не зовсім надійним для електроприладів та деяких систем, які є чутливими до мережі. Тому потрібно підібрати такий спосіб електропостачання та автоматизувати його так, щоб він давав змогу забезпечити безперебійність роботи усіх приладів.

Проаналізувавши усі способи електропостачання будинку, було вирішено взяти та автоматизувати гібридну електростанцію для будинків, тобто автоматизувати систему живлення будинку, яка складатиметься із: мережевої сонячної станції, дизельного генератора та акумуляторної станції.

В нашому випадку потрібно автоматизувати електропостачання таким чином, щоб усунути ряд недоматків електропостачання, які несуть загрозу для певних приладів та різних систем будинку.

Отже розглянувши всі можливі способи електроживлення будинку та враховуючи всі зазначені особливості кожно із видів електропостачання, маємо:

- розробити оптимальну систему автоматизації електроживлення будинку з чітко визначеним алгоритмом роботи;
- здійснити підпір кожної ланки схеми живлення;
- вибрати елементну базу до розробленої системи автоматизації;
- розрахувати оптимальну систему автоматизації для даної системою живлення;
- змоделювати роботу системи електричного живлення за даною схемою, врахувавши усі результати розрахунків;
- зробити аналіз на ефективність роботи автоматизованої системи електричного живлення будинку за розробленою моделлю.



## 2 РОЗРОБКА СТРУКТУРИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ

### 2.1 Вибір та вдосконалення схеми автоматизації електричного живлення будинку

Запропоновано реалізацію системи електропостачання будинку, що дає змогу забезпечити надійну роботу споживачів електроенергії на (рисунок 2.1).

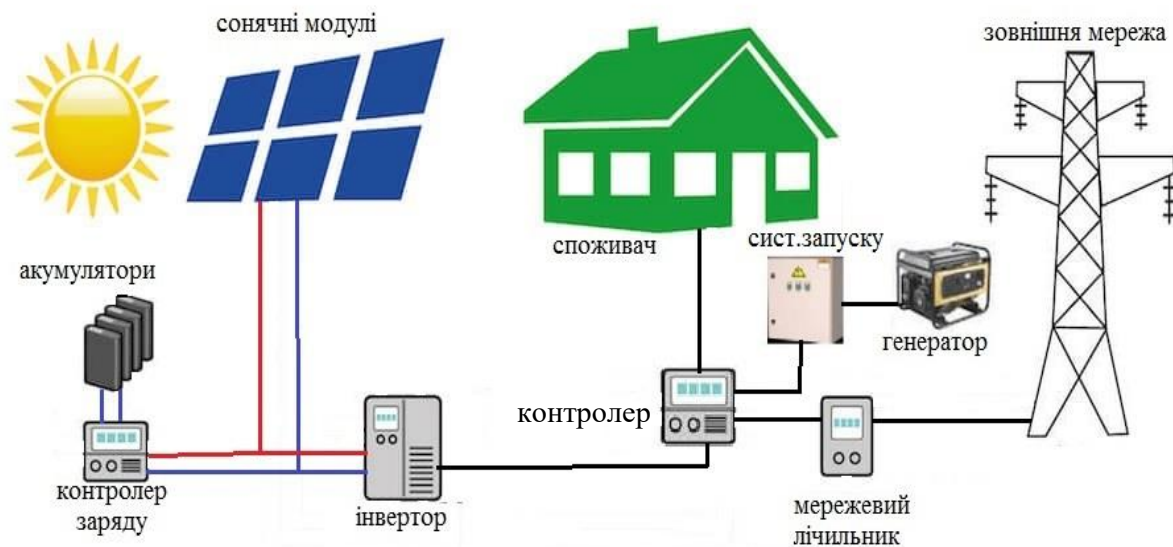


Рисунок 2.1 – Схема автоматизованої системи електричного живлення будинку

Дана система дозволяє забезпечити надійним та безперебійним електропостачанням для будинку.

Ця система є гібридною, оскільки несе властивості двох різних електростанцій в одній єдиній системі, а саме автономної та мережевої. Коли було правильно розраховано та підбрано потужність даної системи, а конкретніше сонячних панелей, то під час звичайного хорошого дня дана система цілком забезпечить споживача потрібною кількістю енергії, при цьому ще паралельно заряджаючи акумулятори. Коли ж акумулятори будуть повністю заряджені, то дана система може продавати залишки електроенергії за зеленим тарифом. Бувають такі дні, коли власник будинку від'їждє десь по справам чи на роботу на цілий день і не використовує електроенергію, то врахувавши той факт,

можна сказати про те, що електростанція в цей період працює майже в мережевому стані, тобто всю згенеровану електроенергію віддає за зеленим тарифом.

Коли ж відбувається захмарення, настає вечір чи ніч, то електроенергію, якої не вистачає споживачеві для задоволення його потреб система бере з звичайної мережі, при умові, що зовнішня мережа підключена та подає електроенергію. Якщо ж зовнішня мережа по деяких причинах відключена, наприклад відбувся обрив лінії чи просто відключили електропостачання, автоматизована система це відразу бачить і переходить на резервне електропостачання таке як акумуляторні батареї, но погашення дефіциту електроенергії відбувається до певного критичного розряду цих акумуляторів, для забезпечення їх довговічності. Якщо ж при розряджених акумуляторах споживачеві мало цієї енергії, що генерується сонячними панелями, тоді система для погашення дефіциту в автоматичному режимі запуску дизельний генератор.

Розглянемо ряд переваг установки сонячної електростанції в паралельній роботі з резервними джерелами електроенергії:

- значна економія коштів, за рахунок малого споживання електроенергії з централізованої мережі;
- будинок завжди буде мати електричне живлення, навіть при обриві чи аварійному відключенні централізованого електропостачання;
- окупність даної системи за деякий період, оскільки електроенергія продається за зеленим тарифом;
- за рахунок додаткових джерел електроенергії система завжди зможе згенерувати потрібну кількість електроенергії.

## **2.2 Написання алгоритму роботи автоматизованої системи**

На рисунку 2.2 запропонований алгоритм роботи гібридної системи електричного живлення для будинку, яка дає змогу продавати надлишки сгенерованої електроенергії за зеленим тарифом.

Для даної системи електричного живлення будинку було складено наступний алгоритм роботи.

При попадані сонячного проміння на сонячні панелі відбувається генерація сонячної енергії в електроенергію далі система відслідковує яку максимальну потужність видають панелі на даний момент часу, тобто в реальному часі, також дана система має властивість відслідковувати потужність споживання в даний момент часу після чого виконує порівняння даних потужностей « $P_{сп} \geq P_{вс}?$ ». Якщо умова виконується, то дана електроенергія розподіляється на основну частину електроенергії, яка витрачається на потреби споживача та другу частину, що є рештою від усієї електроенергії і вона іде на заряд акумуляторів. Отже наступним кроком після розподілу є перевірка заданої умови « $P_{сп} = P_{вс}?$ ». Слід зауважити, коли системі задаєш певний алгоритм роботи, то вона на автоматичному рівні його відпрацьовує, отже є автоматизованою. Якщо умова підтверджується, то електроенергія відразу після інвертування на зміну напругу прямує до споживача. Якщо ж умова « $P_{сп} = P_{вс}?$ » не виконується, тобто, сонячні панелі генерують більше енергії чим будинок споживає, то залишки електроенергії надходять на контролер заряду, який в свою чергу перевіряє стан акумуляторів, а саме чи заряджаються акумулятори, чи вони не перегріваються та моніторить можливість продажу електроенергії по зеленому тарифі. При виявленні того, що акумулятори перегріваються відбувається сповіщення про їх нагрів. Контролер завжди перевіряє можливість продажу електроенергії, а саме в циклічному вигляді цепочки від умови « $P_{сп} \geq P_{вс}?$ ».

Якщо ж умова « $P_{сп} \geq P_{вс}?$ » не виконується, то компенсація невивстаючої енергії відбувається за допомогою централізованого електропостачання, а саме за таким принципом: контролер зчитує та розподіляє енергію так, щоб максимальну кількість енергії використовувалося з сонячних панелей, а з мережі тільки ту кількість якої не вистачає для покриття внутрішнього споживання. За рахунок цього споживання електроенергії з мережі буде мінімальним.

Коли ж через певні причини немає підключення до централізованого електропостачання то компенсація відбувається за рахунок АКБ, але лише до того моментку коли акумулятори є зарядженні та їх заряд не достиг критичного

рівня. Коли ж заряд АКБ досягає критичного рівня, то відбувається відключення акумуляторів, після чого підключають резервне джерело електроенергії у вигляді паливного генератора, а саме дизель генератор (ДГ). Після того, як здійснюється запуск генератора система автоматично розраховує яку кількість електроенергії потрібно споживачеві від даного генератора.

Тому можна сказати, що дана система електричного живлення будинку при генерації малої кількості електроенергії сонячними батареями автоматично покриває дефіцит електроенергії від централізованої мережі електропостачання, також може покрити дефіцит за допомогою акумуляторних батарей, які дають змогу постачати електроенергію до того моменту, коли вони не розрядяться до критичного заряду, щоб забезпечити тривалий термін служби акумуляторів. Даний поріг критичного заряду акумуляторів задається системі в залежності від параметрів самих акумуляторів. Коли все таки АКБ розряджаються, то відбувається запуск паливного генератора, в нашому випадку дизельного. Коли ж дизельний генератор запущений дана система електричного живлення автоматично перекриває можливість продавати енергію в централізовану мережу.



### 3 МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ЖИВЛЕННЯ БУДИНКУ

У цьому розділі наводиться загальний опис моделювання розподіленої сонячної генерації з використанням Simulink в MatLab, поведінку фотоелементів при різних параметрах, таких як рівні сонячної радіації за сезон і температура навколишнього середовища. Більш того, в цьому розділі основна увага приділяється математичному опису сонячної радіації, нерівномірним змін в споживанні сільського поселення за сезон і моделювання дизель-генератора.

#### 3.1 Блок дизельної електростанції

Основну частину децентралізованої енергетики України складають ДЕС, які відповідають великій кількості жорстких вимог, що пред'являються до АСЕП. Широкий вибір ДЕС представлений на енергетичному ринку як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Широкомасштабне застосування дизельних електростанцій пояснюється великою кількістю їх незаперечних переваг перед іншими способами електропостачання споживача [5]:

Високий коефіцієнт корисної дії (ККД), до 35-40%.

Швидкість запуску дизель-агрегату від одиниць до десятків секунд (в залежності від номінальної потужності) і, відповідно, висока маневреність.

Наявність автоматизованого технологічного процесу, що визначає можливість тривалого оперування без технічного обслуговування.

Невелика питома витрата води або повітря для охолодження двигунів.

Мінімальність і простота допоміжних систем технологічного процесу, що дозволяють обходитися малою кількістю обслуговуючого персоналу.

Мала потреба в будівельних обсягах (до 1,5-2м<sup>3</sup>/кВт), швидкоплинність будівництва споруд станції і монтажу основного генеруючого обладнання.

Можливість блочно-модульного виконання ДЕС, що зводить до мінімуму будівельні роботи в місці установки.

Основу ДЕС складає дизельний двигун, який має ряд переваг в порівнянні з іншими типами двигунів внутрішнього згорання: менша вартість і витрата

палива, більший моторесурс, висока надійність, менш жорсткі вимоги до якості палива, відносно висока пожежна безпека [18, 20]. Для забезпечення стабільних вихідних електричних характеристик вироблюваної електроенергії, ДЕС містять в своєму складі автоматичну систему управління. Типова структурна схема загально ДЕС представлена на рисунку 3.1.

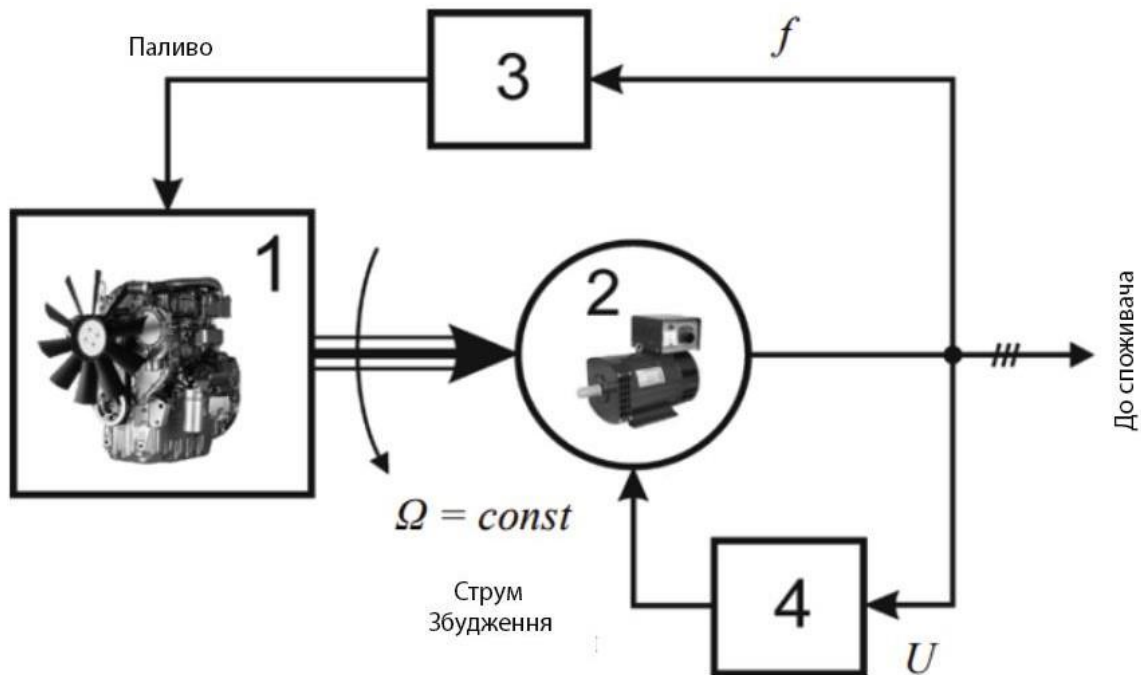


Рисунок 3.1 - Типова структурна схема ДЕС

На рисунку 3.1 зображено: 1 - дизельний двигун; 2 - синхронний генератор; 3 - регулятор частоти обертання дизеля; 4 - регулятор вихідної напруги.

У типовій класичній схемі ДЕС представлені дві системи автоматичного управління: система автоматичного управління частотою обертання дизеля (Частотою вихідної напруги) і система автоматичного управління напругою на виході генератора. Призначення першої автоматичної системи - стабілізація частоти обертання дизеля, призначення другої - стабілізація напруги генератора.

В силу описаного принципу роботи ДЕС, для математичного опису було прийнято рішення еквівалентувати ДЕС з регулюванням збудження

синхронного генератора керованим джерелом напруги електрорушійної сили (ЕРС).

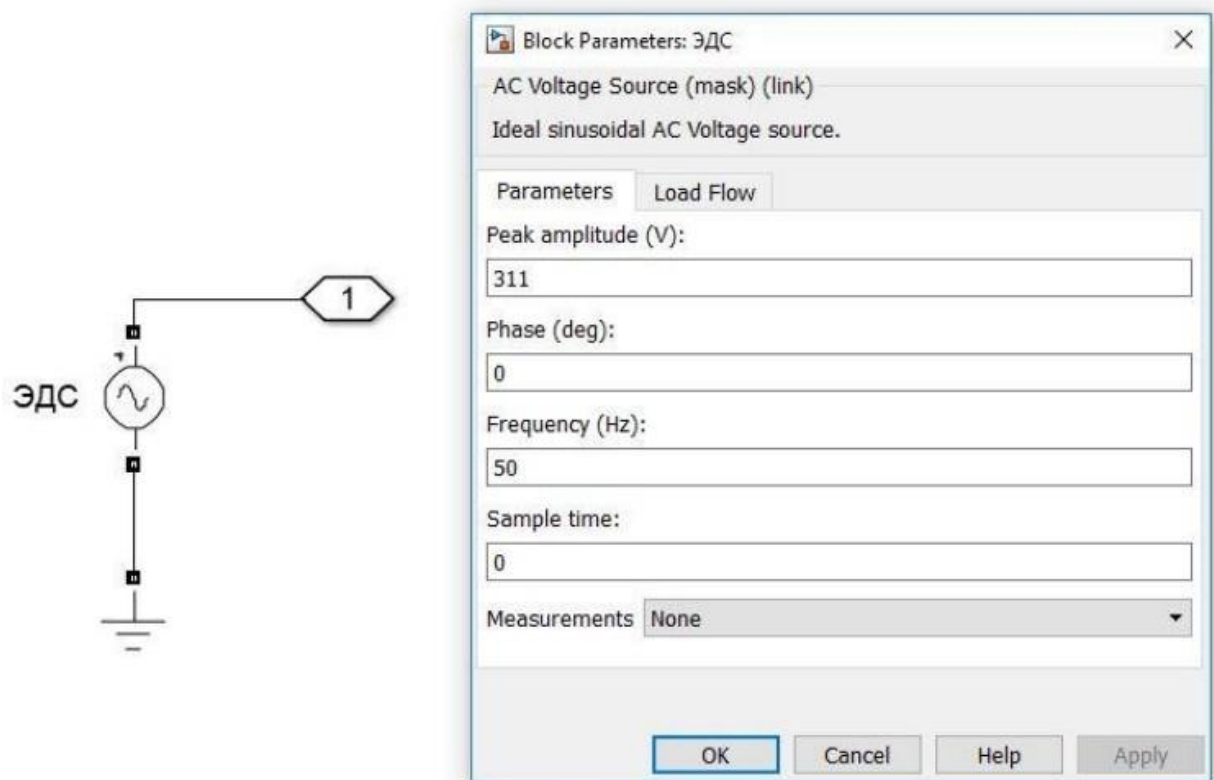


Рисунок 3.2 - Еквівалентіруємий джерело керованого напруги ЕРС

Рисунок 3.2 демонструє параметри блоку ДЕС через керований джерело напруги ЕРС, де для поставлених умов математичного моделювання була обрана мережа напругою 0,4 кВ децентралізованого району України. Амплітудне напруга матиме значення 311 В припромисловій частоті 50 Гц в однофазному виконанні.

### 3.2 Блок сонячної електростанції

Принципово СЕС можуть бути двох типів: термодинамічні та фотоелектричні. Фотоелектричні станції використовують ефект прямого перетворення сонячного випромінювання в електроенергію, відкритий в 1839 році французьким фізиком Беккерелем. Пристрої, що перетворюють сонячну радіацію в електричний струм, називаються фотоелементами або сонячними елементами. Вони самі є джерелами ЕРС. Сонячні елементи генерують



електричний струм в прямій залежності від добових, сезонних і випадкових змін опромінення. Ефективність перетворення сонячної енергії залежить не тільки від ККД фотоелемента, а й від узгодженості динамічного навантаження у зовнішньому колі [3].

Фотоелементи в більшості випадків являють собою кремнієві напівпровідникові фотодіоди. При поглинанні світла напівпровідниковою структурою енергія фотонів передається електронам матеріалу, що викликає поява вільних носіїв заряду. Носії заряду створюють потенційний градієнт в області р-п переходу, під впливом якого виникає електричний струм через електроприймачі. Типова величина різниці потенціалів - 0,5 В, щільність фото струму - 200 А / м<sup>2</sup> при питомій потужності сонячного випромінювання 1 кВт / м<sup>2</sup> [2].

Основна область застосування сонячних батарей зв'язується з освітлювальними системами, системами водопостачання, віддаленими станціями радіо зв'язку, маяками, дорожніми знаками і космічними апаратами. Батарея сонячних елементів зазвичай являє собою комбінацію з'єднаних паралельно модулів. Сонячний осередок, описана вище, - основний стандартний блок фотоелектричної системи. Як правило, розмір такої осередки - кілька квадратних міліметрів, а знімається потужність - близько 1 Пн. Для отримання більшої потужності кілька таких осередків пов'язують в послідовно-паралельні схеми і розміщують на панелі (модулі) розміром кілька квадратних дециметрів. Сонячні панелі або батареї являють собою групи з декількох модулів, електрично пов'язаних в послідовно-паралельні комбінації для отримання необхідних потужності і напруги [3].



Рисунок 3.3 - Зовнішній вигляд моно-кристалічної сонячної комірки

В даний час розвиток технологій і науки відбувається дуже швидко. На ринку існує три основних типи сонячних панелей: монокристалічна, полікристалічна і тонкоплівкова технологія. Глибокий техно-економічний аналіз всіх типів наведено в таблиці В1. Для процесу моделювання ми вибираємо монокристалічні сонячні панелі, тому що ці панелі використовуються в поточних проектах [4, 3]. Крім того, монокристалічна конструкція має такі переваги [8, 9]:

Монокристалічні панелі мають найвищі показники ефективності. ККД монокристалічних сонячних панелей зазвичай складають 15-20%. Сьогодні SunPower виробляє сонячні панелі з найвищою ефективністю на ринку США. Серія-X забезпечує ефективність перетворення панелей до 22,2% [9].

Монокристалічні кремнієві сонячні панелі є економічно ефективними. Оскільки ці сонячні панелі забезпечують найвищі вихідні потужності, вони також вимагають меншої кількості простору в порівнянні з будь-якими іншими типами. Монокристалічні сонячні батареї виробляють в чотири рази більше електроенергії в порівняно з тонкоплівковими панелями.

Монокристалічні сонячні панелі служать довше всіх. Більшість виробників сонячних батарей надають 25 років гарантії на свої монокристалічні сонячні батареї.

Вони мають тенденцію працювати ефективніше, ніж аналогічні номінальні полікристалічні сонячні панелі в умовах низької освітленості.

Для аналізу гібридної роботи СЕС з ДЕС на навантаження створена математична модель в додатку Simulink програми MatLab, показана на рисунку 3.4. Для моделювання перехідних процесів використовувалася бібліотека SimPowerSystems. Модель СЕС створена на основі апроксимованих характеристик фотоелектричного генератора і спрощених математичних функцій, що представлено у вигляді блоку-субсистема «Function of solar panel power».

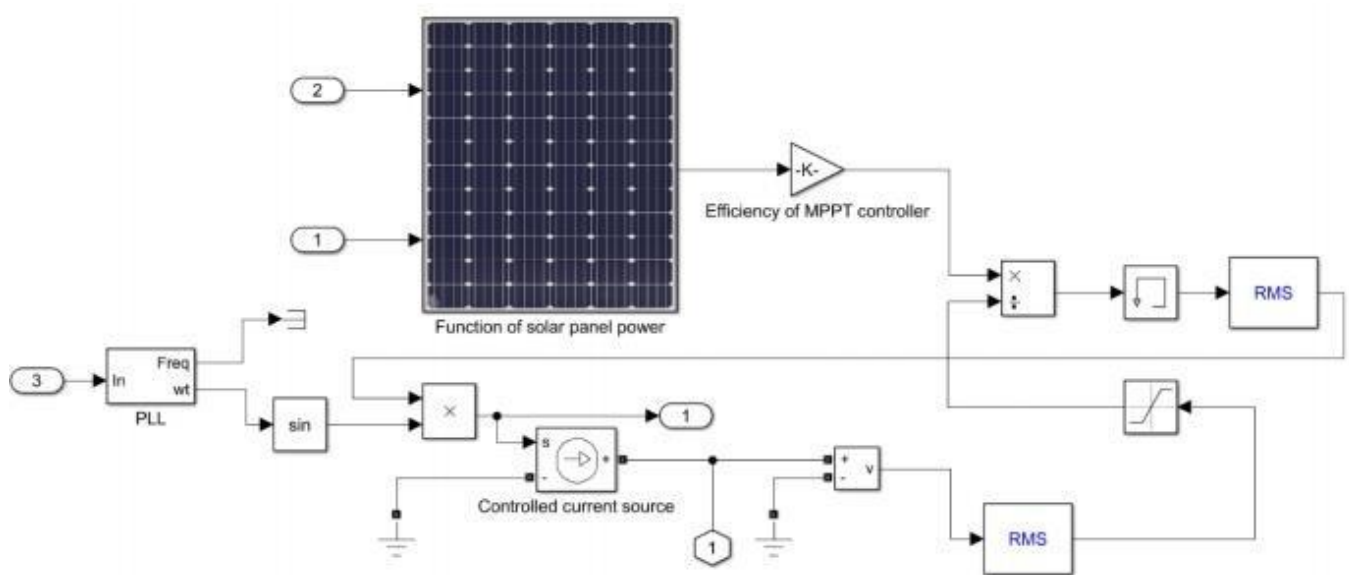


Рисунок 3.4 - Алгоритм роботи сонячної станції в програмі MatLab

ФЕС еквівалентується джерелом струму в блоці «Controlled current source», який може підключатися до різних точок мережі. Фотопанелі, що входять до складу СЕС, передають генерується потужність струму через мережевий інвертор. Сучасні інвертори з функціями відстеження максимальної точки Maximum Power Point Tracking (ТММ) за своїми вихідним характеристикам можуть також заміщатися джерелом струму блоку «Controlled current source» [20]. Вплив сонячного контролера враховано в блоці «Efficiency of MPPT controller». Спільна паралельна робота двох джерел струму ДЕС і СЕС забезпечується за рахунок блоку фазового авто підстроювання частоти або ФАПЧ (Phase Lock Loop) «PLL». Це система автоматичного регулювання, підстроює фазу керованого джерела струму (СЕС) так, щоб вона була

дорівнює фазі опорного сигналу (ДЕС). Регулювання здійснюється завдяки наявності негативного зворотного зв'язку [20].

Головними факторами, що впливають на електричне виконання сонячних панелей, є:

- інтенсивність сонячного випромінювання;
- кут падіння сонячних променів;
- величина навантаження;
- робоча температура.

Для висунутих умов моделювання в даній роботі, було прийнято рішення спрощення і апроксимування функції роботи сонячної панелі. Висунуті фактори, описані вище, будуть мати наступний вигляд: Інтенсивність сонячного випромінювання. Величина світлового потоку максимальна в ясний сонячний день. При наявності невеликій хмарності світловий потік зменшується прямо пропорційно зменшенню інтенсивності сонячного випромінювання. Вольт-амперна характеристика зсувається вниз при зниженні інтенсивності сонячного випромінювання (див. рисунок 3.5) [3].

Вплив температури на вихідні параметри сонячного модуля. З зростанням температури струм короткого замикання збільшується, а напруга холостого ходу зменшується. Доведено, що збільшення робочої температури осередки на  $1^{\circ}\text{C}$  призводить до зниження видаваної потужності на 0,45%. Так як збільшення струму багато менше зменшення напруги, при великих температурах осередок генерує меншу потужність. Енергетична характеристика осередку для двох різних температур показана на рисунку 2.5. Як видно, доступна потужність на виході при більш низькій температурі більше. Таким чином, більш низька температура вигідніше для роботи фотоелектричної осередку [3].

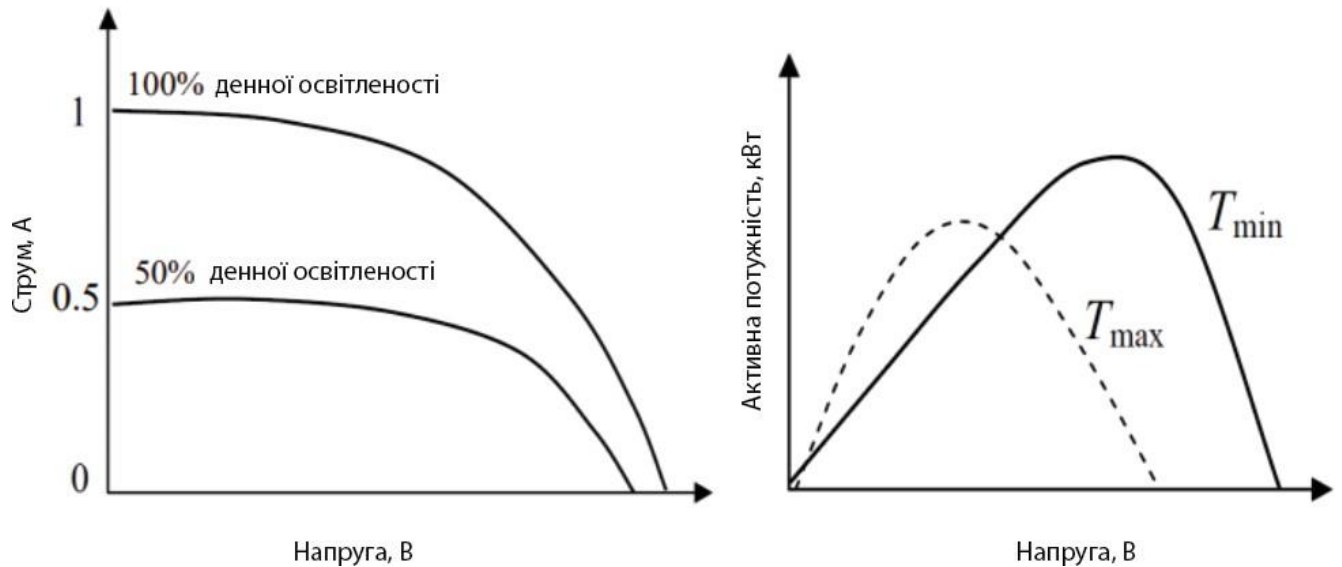


Рисунок 3.5 - Вольт-амперна характеристика (зліва) і вплив температури (праворуч) на вихідні параметри сонячного елемента

Таким чином, блок-субсистема «Function of solar panel power» описує аналітичний вираз впливу температури навколишнього середовища і величини інтенсивності сонячного випромінювання, при розташуванні фотопанелі перпендикулярно падаючим променям [8, 9, 10].

Рівняння функції генерації потужності від сонячної панелі за двома вхідними параметрами температури навколишнього середовища і інтенсивності сонячного випромінювання представлена нижче [7]:

$$P_{sp} = \frac{C_f \cdot N_{sp} \cdot G \cdot \ln(10^6 \cdot G)}{T_{sp}} \quad (3.1)$$

де  $N_{sp}$  - кількість сонячних панелей;

$C_f$  - постійний коефіцієнт параметрів в панелі сонячних батарей;

$G$  - поточний рівень сонячної інсоляції, Вт/м<sup>2</sup> ;

$T_{sp}$  - поточна температура сонячної панелі.

### 3.3 Блок сонячної радіації і температури навколишнього середовища

Сонячна радіація є невичерпним, потужним і екологічно чистим джерелом енергії. У багатьох країнах світу використання сонячної радіації для

господарських потреб набуває все більшого розмаху, інтерес до цієї проблеми стає дедалі більше як з боку потенційних споживачів сонячної енергії, так і з боку науково-дослідних організацій.

Незважаючи на всю привабливість сонячної радіації як джерела енергії, її використання для суспільних потреб на більшій частині території України обмежена кліматичними особливостями і відсутністю надійних методів за її визначенням. При цьому основними стримуючими факторами є порівняно невелика кількість жарких і сонячних днів в році, а також нестабільність надходження теплоти протягом дня. Проте в децентралізованих регіонах України енергія сонячної радіації може знаходити своє практичне застосування [3].

Величина первинної сонячної енергії, яка доступна для перетворення ФЕС, визначається інтенсивністю сумарного сонячного випромінювання в місці її установки, і залежить від географічних координат місця розташування ФЕС, просторової орієнтації сонячної панелі, а також від зовнішніх метеорологічних факторів: температури повітря, рівня хмарності, коефіцієнта відображення земної поверхні.

Більшість метеорологічних факторів мають стохастичну природу. В даний час при проектуванні ФЕС переважно поширення набули імовірнісні (статистичні) методи розрахунку радіаційних характеристик [16-18, 20], які використовують в якості вихідних даних спеціальні кліматичні довідники або електронні бази, складені за результатами багаторічних метеорологічних спостережень [3].

В основу розрахунку даної роботи покладено методику, що дозволяє визначити погодинне надходження сонячної радіації на похилу площину запропонованої Лю і Джорданом. При обчисленні сонячної радіації, що надходить на будь-яку похилу площину, беруть до увагу три складові радіаційного балансу [4, 6]:

$$Q_{\text{накл}} = S_{\text{накл}} + D_{\text{накл}} + R_{\text{накл}}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{\text{накл}}$  - сумарна сонячна радіація, що падає на похилу поверхню, Вт / м<sup>2</sup>;

$S_{\text{накл}}$  - пряме сонячне випромінювання, падаюче на поверхню, Вт / м<sup>2</sup> ;

$D_{\text{накл}}$  - розсіяна сонячна енергія, падаюча на похилу поверхню, Вт / м<sup>2</sup> ;

$R_{\text{накл}}$  - випромінювання, відбите від поверхні Землі, Вт / м<sup>2</sup> (значенням можна знехтувати).

Значення  $S_{\text{накл}}$  знаходять по залежності:

$$S_{\text{накл}} = S_{\text{орт}} \cdot \cos \theta, \quad (3.3)$$

де  $S_{\text{орт}}$  - пряме сонячне випромінювання на ортогональному променю площину, Вт / м<sup>2</sup> .

$$S_{\text{орт}} = \frac{S_0 \cdot \sin \alpha}{\sin \alpha \cdot c}, \quad (3.4)$$

де  $S_0$  - сонячна постійна, тисяча триста дев'яносто п'ять Вт/м<sup>2</sup> ;  $c$  - величина, характеризує ступінь прозорості атмосфери.

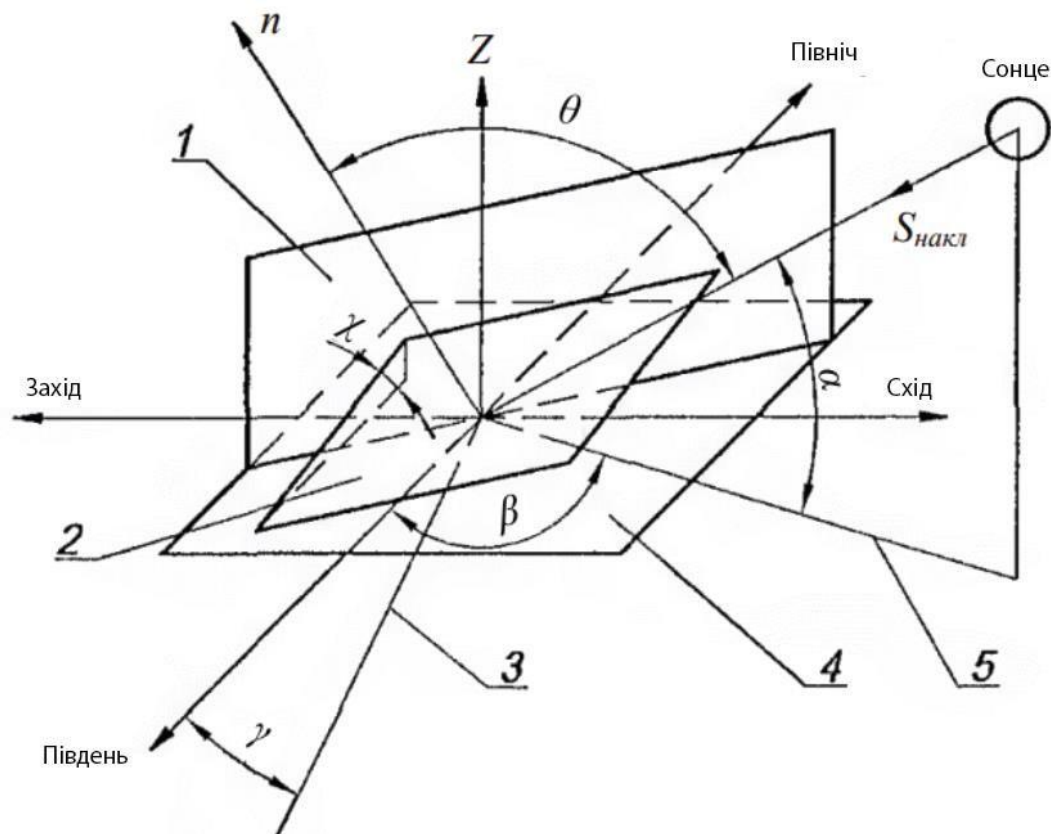


Рисунок 3.6 - Схема для розрахунку надходження сонячної радіації на поверхню Землі

На рисунку 3.6 зображено: 1 - вертикальна площина; 2 - похила площина; 3 - горизонтальна проекція нормалі  $n$  до похилій площині; 4 - горизонтальна

площина;  $S$  - горизонтальна проекція сонячного променя;  $Z$  - нормаль до горизонтальної площини;  $n$  - нормаль до похилій площини;  $S$  - пряме сонячне випромінювання на поверхню Землі.

Схилення ( $\delta$ ) - кутове положення Сонця в сонячній півдні щодо екватора. Азімутная кут площини ( $\gamma$ ) - відхилення від нормалі до площини від місцевого меридіана. Висота Сонця ( $\alpha$ ) - кут між напрямком прямого сонячного випромінювання і горизонтальною проекцією сонячного променя. Часовий кут ( $\omega$ ) - кут, який визначає кутовий зсув Сонця протягом доби. Одна година відповідає  $\pi/12$  радий або  $15^\circ$  кутового зміщення. Опівдні годинний кут дорівнює нулю [73]. Значення відміни  $\delta$  можна оцінити за наближеною формулою Купера:

$$\delta = 0,41 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + N}{365}\right), \quad (3.5)$$

де  $N$  - порядковий номер дня в році, відлічуваний від 1 січня. Синус кута  $\alpha$  знаходять за формулою:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega. \quad (3.6)$$

Розсіяну сонячну радіацію, що надходить на похилу площину, визначають за формулою:

$$D_{\text{накл}} = D_{\text{гориз}} \cdot [0,55 + 0,434 \cdot \cos \theta + 0,313 \cdot (\cos \theta)^2] \quad (3.7)$$

де  $D_{\text{гориз}}$  - потік розсіяної сонячної енергії ( $\text{Вт} / \text{м}^2$ ) на горизонтальну площину, визначається по залежності

$$D_{\text{гориз}} = \frac{1}{3} \cdot (S_0 - S_{\text{opt}}) \cdot \sin \alpha. \quad (3.8)$$



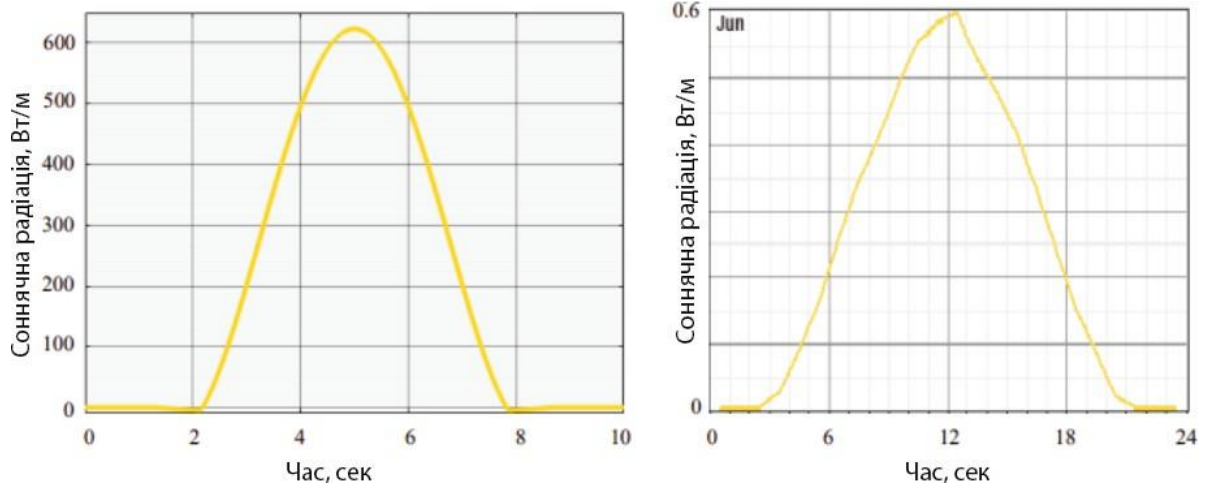


Рисунок 3.7 - Графіки сонячної радіації в червні Nomer Energy (праворуч) і побудований блок (зліва)

Модель виконана у вигляді підсистеми, що складається з восьми основних функціональних блоків, які забезпечують вирішення системи рівнянь (3) -(11). Створений блок (див. Рисунок 3.8) дозволяє отримати повний перелік величини прийдешньої сонячної радіації в будь-який день року в випадковому географічному розташуванні панелі для довільно орієнтованої поверхні. Для оцінки прийнятності створеного блоку на релевантність модульованих даних, результати моделювання повинні порівнюватися з програмним забезпеченням, яке вже давно використовується в науко водослідних і громадських цілях. У цьому випадку це буде NomerEnergy.

Необхідно відзначити, що Nomer Energy використовує дані спостережень Національного управління з аеронавтики і дослідженню космічного простору (NASA), період спостережень яких був проведений з 1983 по 2004 року. Як ми можемо помітити, для обраної щоденної величини сонячної радіації в червні, створений блок має приблизно ті ж результати, що і Nomer Energy.

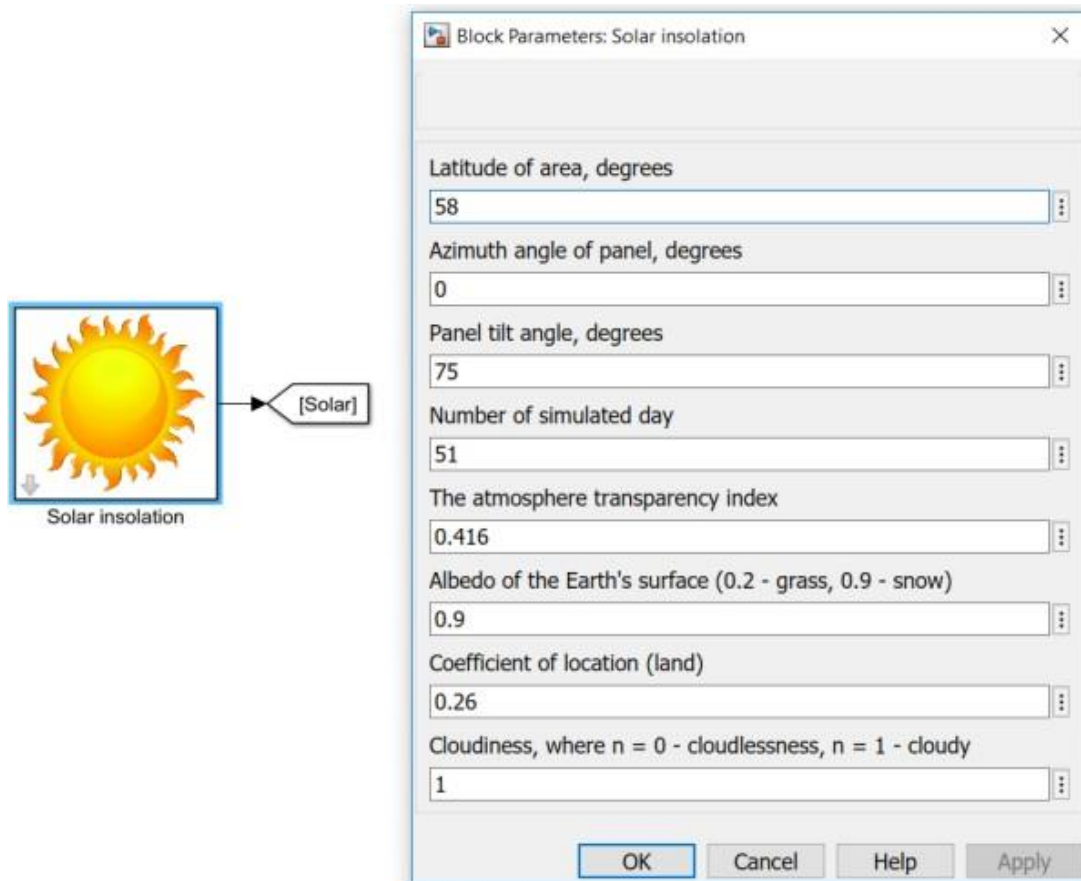


Рисунок 3.8 – Суб системи блоку сонячної радіації в MatLab

Модель дозволяє визначати поточні значення величини приходить сонячної радіації для будь-якого дня року в довільному географічному місці розміщення ФЕП на довільно орієнтовані поверхні. Домінуючий вплив на енергетичні характеристики фотоелектричних перетворювачів також надає величина температура довкілля. Для ФЕС, розташованих у високих північних широтах, до яких відносяться більшість територій України, зовнішні метеорологічні чинники можуть чинити істотний вплив на продуктивність сонячної батареї і їх бажано враховувати. Найбільш просто визначаються середньомісячні і середньодобові значення температури навколишнього повітря, які є незалежними величинами відпараметрів проектованої електроустановки. Вихідними даними для їх визначення є статистичні дані метеорологічних спостережень, які можна отримати з архівів метеорологічних сайтів і кліматичних довідників [7].

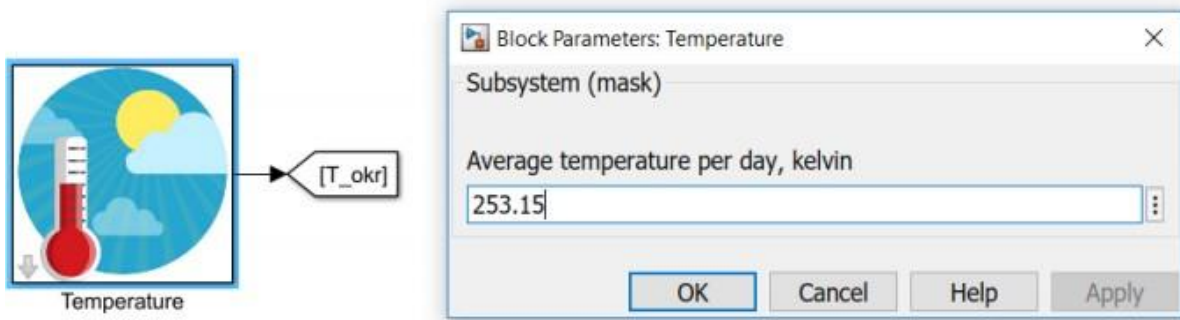


Рисунок 3.9 – Суб системи блоку температури навколишнього середовища в MatLab

Результати моделювання показали, що розроблені блоки працюють з задовільною точністю.

## 4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯМ

Система автоматизації зазвичай складається з сенсорів та виконавчих органів. Сенсор – це пристрій який здійснює певне вимірювання якоїсь величини, за допомогою перетворення її в деякий спеціальний сигнал, що надходить в систему керування [13].

Виконавчий орган слід віднести до основного пристрою системи автоматизації, за допомогою якого здійснюється вплив на кінечний результат, який за допомогою системи автоматизації контролюють [13].

В даній системі електричного живлення запропонуємо для більш ефективної безпеки системи установити сенсори температури на кожний акумулятор, що дасть змогу відслідковувати температуру кожного із них, та виявляти перегрів акумулятора [13].

### 4.1 Розрахунок необхідної кількості електроенергії для всього будинку

Для розуміння якої потужності потрібно отримати автоматизовану систему електричного живлення будинку, необхідно мати інформацію про максимально можливу спожиту потужність, тобто, знати яку максимальну потужність змінного струму  $W_{зм}$  може споживати будинок в години пік, коли використовує багато приладів та систем будинку [4].

Потрібно автоматизувати систему електричного живлення на 25 кВт.

Отже будинок максимально споживатиме за добу приблизно 25 кВт, але систему потрібно будувати з запасом та врахувати всі можливі втрати, наприклад втрати що відбуваються в інверторі.

Щоб врахувати дані втрати потрібно врахувати коефіцієнт втрати в інверторі, який становить  $k = 1.2$  [3]:

$$W_{тр} = W_{зм} \cdot k, \quad (4.1)$$

$$W_{тр} = 25 \cdot 1.2 = 30 \text{ (кВт)}.$$

Після врахування даних втрат отримуємо пікову потужність  $W_{тр}$ , вибираємо тип інвертора і його номінальне значення вхідної напруги інвертора  $U_{інв}$ .

За допомогою потужності  $W_{інв}$  можна вибрати інвертор, також потужністю інвертора рахують  $W_{інв} = W_{тр}$ .

Необхідна для покриття навантаження струму кількість ампер годин розраховується за формулою [3]:

$$q_{зм} = \frac{W_{тр}}{U_{інв}}, \quad (4.2)$$

де  $U_{інв}$  – вхідна напруга інвертора.

$$q_{зм} = \frac{30120}{48} = 624.5 \text{ (А год/добу)}.$$

Розраховуємо число ампер-годин на добу, необхідну для покриття навантаження постійного струму, за формулою (4.3).

$$q_{пост} = \frac{W_{пост}}{U_{пост}}, \quad (4.3)$$

де  $U_{пост}$  – це напруга, яку приймають за 24 В.

Отже ємність акумуляторної батареї вважають:

$$q_{доб} = q_{зм} + q_{пост}, \quad (4.4)$$

$$q_{доб} = 627.5 + 0 = 627.5 \text{ (А · год)}.$$

## 4.2 Давач температури

Для інтеграції системи із мікроконтролерами підходящим буде цифровий температурний давач DS18B20. Давач цього типу має унікальний 64-бітний код, який дає змогу реалізовувати контролюючий зв'язок між мікроконтролером та кожним конкретним датчиком на загальній шині. Крім цього, цифровий давач

DS18B20 дає можливість визначати температуру навколишнього середовища, яка знаходиться в межах від  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Граничні значення температури зберігаються в постійній пам'яті давача тому в разі виходу за них вмикається режим тривоги.

Визначені давачем дані про температуру передаються у вигляді цифрового сигналу з 12-бітовим дозволом по One-Wire протоколу. Перевагою такого виду протоколу є те, що через 1 цифровий порт контролера можна підключити велику кількість датчиків, які, у свою чергу, під'єднуються лише 2 дротами до землі та до сигналу.

Таким чином, зазначений давач DS18B20 найбільш підходящий для запропонованої нами системи керування електропостачанням, оскільки за рахунок цифрового типу та наявності одного контакту (при підключенні до нього великої кількості датчиків), з якого йде корисний сигнал, він є простим у використанні. А задля уникнення проблем в разі його розташування на далекій відстані можна застосувати вбудований АЦП.



Рисунок 4.1 – Сенсор температури

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики сенсора температури

Інтерфейс	one-wire
Робоча напруга	3-5 В
Робочий струм	1 мА
Діапазон температур	$-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$
Робоча температура	Від $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$
Точність вимірювань	$0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
Крок показань	$0.0625\text{ }^{\circ}\text{C}$
Габаритні розміри (мм)	57x35x15

Інтерфейс One-Wire дозволить підключити декілька цифрових датчиків температури DS18B20 до мікроконтролера STM32F103 паралельно, використовуючи тільки три контакти. За допомогою бібліотеки OneWire library данні будуть зчитуватись зі всіх датчиків одночасно. У кожного з датчиків є індивідуальний серійний номер, який можна використовувати для розпізнавання того чи іншого сенсора.

### 4.3 Сонячні панелі

На етапі планування використання сонячних панелей потрібно конкретно визначитися із необхідною користувачеві потужністю та ціною категорію, оскільки ці два критерії взаємопов'язані: чим більша потужність, тим вища ціна сонячного модуля.

Для вибору типу сонячної панелі, яка планується використовуватися потрібно визначити номінальну потужність  $P_{\text{ном}}$  і напругу  $U_{\text{ном}}$ , а також струм в точці аксимальної потужності  $I_{\text{мрр}}$ .

Обліку втрат на заряд-розряд акумуляторної батареї [3] знаходиться за формулою (4.5):

$$Q_{\text{з-р}} = Q_{\text{доб}} \cdot \zeta, \quad (4.5)$$

де  $\zeta$  – коефіцієнт рівний 1,2,

$$Q_{\text{з-р}} = 627.5 \cdot 1.2 = 753 \text{ (А} \cdot \text{год)}.$$

Значення струму, який повинні генерувати сонячні батареї [3] розраховується за формулою (4.6):

$$I_{\text{СБ}} = \frac{Q_{\text{з-р}}}{i}, \quad (4.6)$$

де  $i$  – число пікових сонце-годин для заданої місцевості.

$$I_{\text{СБ}} = \frac{753}{4} = 188 \text{ (А)}.$$

На вартість сонячних панелей впливає також вид матеріалу, з якого вони виготовлені, але цей критерій має значення і для потужності панелі. Наприклад, монокристалічні кремнієві панелі досить ефективні, мають велику потужність, високу якість, більший термін експлуатації. Крім того, такі панелі не дуже габаритні, якщо порівнювати з іншими типами сонячних панелей. Ці переваги монокристалічних кремнієвих панелей зумовлюють їх високу вартість, тому не кожен користувач може собі їх придбати.

Для запропонованої нами системи електропостачання ми пропонуємо використовувати кремнієву сонячну панель, а саме – монокристалічний фотомодуль JA Solar JAM. Основа цієї панелі знаходиться в алюмінієвому каркасі та містить захищені прозорою ламінованою основою, герметично вмонтовані осередки монокристалічного кремнію. Верхньою оболонкою фотомодуля є спеціальне розжарене скло.



Рисунок 4.2 – Сонячні панелі Solar JAM6PR

Слід зазначити, що монокристалічні фотомодулі JA Solar JAM мають ряд переваг, порівняно з іншими типами сонячних панелей. До них можна віднести, зокрема, ударостійкість, стійкість до впливу атмосферних явищ. Також зазначені фотомодулі універсальні в монтажі та мають невелику вагу.



Таблиця 4.3 – Технічні характеристики панелі JA Solar JAM6PR-60-290W

Тип панелі	Монокристалічна
Напруга, В	31,8
Потужність, Вт	290
Струм короткого замикання, А	9,57
Сила струму при максимальній потужності, А	9,12
Максимальна напруга в мережі, В	1000
Габаритні розміри, мм	1650x991x35
Рама	Анодований алюмінієвий сплав
Тип роз'єму	MC IV
Ефективність, %	17,74
Вага, кг	18

Сонячні батареї JA Solar JAM підходять як для побутового використання в системі автономного живлення домогосподарства, так і для промислових чи комерційних сонячних електростанцій, які виробляють електроенергію під «зелений» тариф. Зазначений фотомодуль обладнаний технологією half-cell, яка впливає на потужність, яку продукує сонячна батарея під час затінення та, навпаки, надмірної сонячної активності. Зазначені переваги роблять монокристалічний фотомодуль JA Solar JAM інвестиційно привабливим для окремих користувачів та компаній.

Виробництвом цих фотомодулів займається китайська компанія Risen Energy, яка має 30-річний досвід розробки і випуску фотоелектричного обладнання, за рахунок чого добре відома на українському і світовому ринку. Виробник регулярно з'являється в топ рейтингу Tier1 Bloomberg [1].

Число модулів визначається за формулою (4.6) [3]:

$$N_{\text{пар}}^{\text{сб}} = \frac{I_{\text{сб}}}{I_{\text{mpp}}}, \quad (4.7)$$

де  $I_{\text{mpp}}$  – максимальний струм одного модуля.

$$N_{\text{пар}}^{\text{сб}} = \frac{188}{9.8} = 19 \text{ (шт.)}.$$

#### 4.4 Інвертор

Фотоелектрична установка виробляє постійний струм, але, зазвичай, централізована електрична система та більшість приладів використовують змінний струм, внаслідок чого виникає необхідність перетворення. З цією метою і використовують інвертори, які стають практично незамінними для сонячних батарей [19].

Поширеним є використання для сонячних батарей інвертора InfiniSolar 5k Plus, який має потужність 5 кВт та резервну функцію back-up. Цей інвертор працює так, як й інші мережеві сонячні інвертори, але в ньому є два незалежних MPPT трекери. Ця особливість дає можливість максимально підвищити вироблення сонячної енергії в батареї за рахунок одночасного підключення двох груп сонячних батарей із різними умовами освітленості [19].

Інвертор InfiniSolar 5k Plus може виконувати функцію зарядного пристрою для акумуляторів, використовуючи в якості джерела або загальну електромережу, або сонячні батареї, функцію джерела безперебійного живлення (ДБЖ). Зазначений інвертор є автономним, а також дає змогу користувачеві в будь-який момент управляти джерелами електроенергії, які задіяні в системі, - сонячними батареями, електромережею, акумуляторами [23].



Рисунок 4.3 –Інвертор InfiniSolar 5k Plus

Відповідно до особливостей експлуатації в інверторі InfiniSolar 5k Plus можна налаштувати різні режими роботи, наприклад, режим заборони продажу надлишків енергії в мережу або режим безперервної роботи пристрою у випадку похмурої погоди навіть без залучення акумуляторних батарей. Таким чином забезпечується більша варіативність використання цього інвертора [24].

Зазначений трифазний інвертор InfiniSolar 5k Plus, який має резервну функцію та використовується для перетворення постійного струму у змінний, виробляється компанією Voltronic Power у Тайвані. Ця фірма вже давно посідає чільне місце серед світових виробників електротехнічних товарів і гарантує якість вироблених пристроїв, зокрема, інверторів [23].

Таблиця 4.4 – Технічні характеристики інвертора [24]

Модель	InfiniSolar Plus 5KW
Фазність 1-фаза вхід / 1-фаза вихід	1-фаза вхід / 1-фаза вихід
Макс.потужність фото-модулів 10000 W	10000 W
Ном.потужність мережевого інвертора	5000 W
Макс.потужність зарядного пристрою	4800 W
Мережеві параметри	
MPPT контролер	
Номінальний DC Вольтаж / Максимальний DC Вольтаж	720 VDC / 900 VDC
Старт / Мінімальна напруга ініціалізації	225 VDC / 250 VDC
MPP діапазон напруг	250 VDC ~ 850 VDC
Кількість входів / стрінгів	2/1 x 10 A
Вихід (AC)	
Номінальна напруга виходу	208/220/230/240 VAC
Діапазон напруги виходу	184 - 265 VAC *
Номінальний струм	21 A
Коефіцієнт потужності	> 0,99
Ефективність	
Максимальна ефективність перетворення (DC / AC)	96%
Ефективність по європейській класифікації	95%
Параметри в режимі інвертора	
Вхід (AC)	
Напр.ініціалізації / старту	120 - 140 VAC / 180 VAC
Діапазон напруги мережі	170 - 280 VAC
Максимальний вхідний струм	40 A

Продовження таблиці 4.4

PV-вхід (DC)	
Максимальна напруга PV	900 VDC
Діапазон MPPT	250 VDC ~ 850 VDC
Структура трекерів MPP / струм трекера	2/1 x 10A
Режим роботи від акумулятора	
Номінальна напруга виходу	202/208/220/230/240 VAC
Форма вихідного сигналу	синусоїда
ККД (DC to AC)	93%
Батарея і зарядний пристрій	
Номінальна напруга	48 VDC
Максимальний струм заряду	Default 60A, 5A - 100A (регулюється)
Комутаційний порт	RS-232 / USB
Температура	1 to 40 ° C
Габарити ВхШхД, мм	204.2 x 460 x 600
Вага, кг	29

#### 4.5 Акумулятор

Для функціонування системи безперебійного електричного живлення невід'ємною частиною є акумуляторні батареї, які й забезпечують автономний режим роботи за рахунок накопиченої раніше енергії від джерел живлення.

Одним із видів акумуляторних батарей є ті, у яких застосована технологія AGM, це дозволяє акумуляторам витримувати глибокий розряд, що становить цінність для автономних систем електропостачання. Важливими ознаками таких акумуляторів є достатньо довгий термін експлуатації та відсутність виділення вибухонебезпечних газів [5].

На противагу акумуляторним батареям із технологією AGM існують гелеві акумулятори, які стійкі до нагрівання, забезпечують при цьому ефективність процесу енергозберігання, а також мають найвищу якість накопичення енергії

порівняно з іншими акумуляторами, що, відповідно, суттєво позначається на їх вартості [12].

Гелеві акумуляторні батареї ALVA, зокрема модель AS12-200, характеризуються своєю довговічністю, адже в режимі частого та глибокого циклу зарядки-розрядки можуть працювати до 10-15 років, не втрачаючи свої властивості [4].

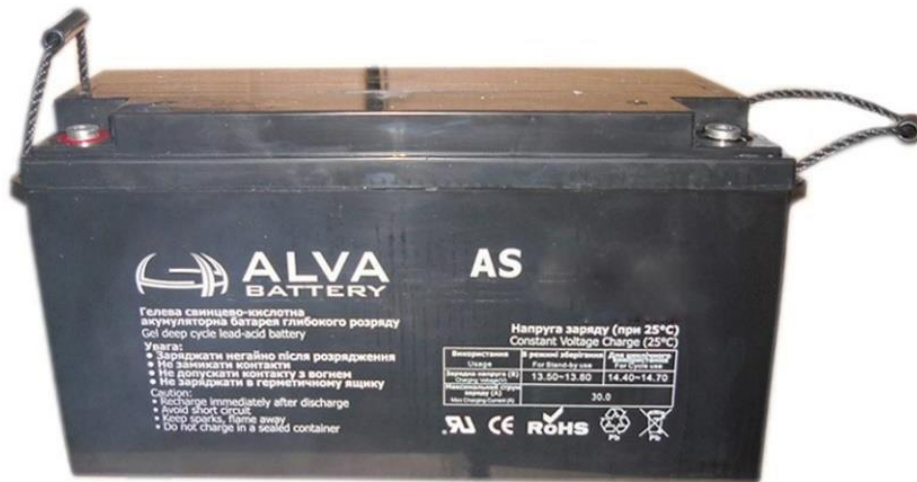


Рисунок 4.4 – Акумулятор ALVA

Таблиця 4.5 – Технічні характеристики акумулятора[15]

Тип клем	болт М8
Габарити, (мм)	522x240x225
Ємність, (А * год)	200
Напруга, (В)	12
Вага. (Кг)	60

Ми вже зазначили вище, що перевагою гелевих акумуляторів ALVA є довгий термін експлуатації (до 10-15 років), а також вони здатні витримувати постійне навантаження протягом усього розряду. Важливо зазначити, що будова таких акумуляторів передбачає моноблочне виконання та герметичність, внаслідок чого забезпечується зручність для користувача – відсутність необхідності постійно доливати електроліт [15].

Гелеві акумуляторні батареї ALVA можна використовувати за низьких (мінусових) температур. Такі акумулятори після глибокої розрядки швидко відновлюються, у чому відіграє позитивну роль і низький саморозряд таких акумуляторів.

#### **4.6 Контролер заряду акумуляторів**

Для злагодженої роботи нашої системи потрібно, щоб контролер заряду мав такі функції:

- для збереження акумуляторів подавав струм, який більший за струм саозаряду та який буде менший за максимальний струм;
- в залежності від типу акумуляторів виконує алгоритм, що відповідає за розряд/заряд;
- завжди виконував компенсацію енергії при одночасному споживанню енергії та заряду акумуляторів;
- для безпеки та продовження довговічності акумулятора виконував моніторинг температури акумуляторів.

При виборі зарядного пристрою потрібно врахувати те, що від якості даного пристрою залежить складність самого алгоритму заряд/розряд. Під час виконання алгоритму виконується:

- після початку зарядки починає вимірюватися час самого заряду;
- забезпечується на вході акумуляторної батареї вимірювання напруги та струму;
- після виміру напруги та струму відбувається генерація напруги та струму на потрібну для комфортного заряду;
- зарядження акумуляторів відбувається приблизно до 90%, а не до повного заряду.

За даними функціями, які потрібно щоб виконувалися контролером заряду було вирішено та підбрано сам контролер заряду EPSOLAR VS3048BN, 30A 48В



Рисунок 4.5 – Контролер заряду EPSOLAR VS3048BN

Таблиця 4.6 – Характеристики контролеру заряду [21]

Бренд	EPsolar
Тип	ШИМ
Напруга АКБ	12/24/36 / 48В автовибір
Модель	VS3048BN
Номінальний зарядний струм АКБ	30А
Максимальна напруга АКБ	64В
Власне споживання	15mA (12V); 10mA (24V); 9mA (36V); 8mA (48V)
Розміри	201x109x59
Вага	0,9 кг
Робочі температури	25С + 55С
Ступінь захисту	IP30
Перетин кабелю, що підключається 35 мм <sup>2</sup>	35 мм <sup>2</sup>



#### 4.7 Розрахунок потужності та вибір дизель-генератора

При знеструмленні будинку потрібно забезпечити його аварійним джерелом електроенергії, для цього доцільно буде забезпечити будинок дизельним генератором, який зображений на рисунку 4.6.



Рисунок 4.6 – Дизель-генератор Dalgakiran

Dalgakiran DJ 33 CP [17]. Усі дизельні генератори даної фірми мають великий ряд плюсів:

- для даних генераторів широкий діапазон температур навколишнього середовища при якій вони працюють без втрачання потужності;
- відносно не шумні;
- вихідна напруга та її частота з чудовою точністю всіх вимог;
- вприск пали відбувається завдяки електронній системі вприска, за рахунок цього велика економія палива;
- двигун відповідає Євро 4, що хорошим показником чистоти вихлопних газів.

Даний генератор має дизельний двигун високої потужності. Даний двигун має електричний стартер, що дозволяє запустити двигун легко та швидко. При наявності електростартера вмонтовують систему автоматичного запуску, що дає змогу виключити людську присутність під час запуску генератора. Генератор обладнений захисним кожухом, що дає змогу використовувати даний генератор

в більш суворих умовах та понижує рівень шуму. Для комфорту споживача також генератор обладнений антивібраційною системою.

Характеристики даного генератора наведені в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 –Дизельний генератор Dalgakiran та його [8]

Вид палива	Дизель
Варіант виконання	У кожусі
Максимальна потужність (кВт)	26.4 кВт
Номінальна потужність (кВт)	24 кВт
Тип запуску	Електростарт / Автоматика
Тип альтернатора	Синхронний
Кількість фаз	Трифазний
Напруга	220/380 В
Частота	50 Гц
АВР (автоматичне введення резерву)	Є
Система охолодження	Водяна
Лічильник мото-годин	Є
Двигун	COOPER 2A2D1C-30
Тип двигуна	4-тактний
Обсяг паливного бака (л)	75 л
Витрата палива (л / год)	6.4 л / год
Час безперервної роботи (годину)	11. годин
Обсяг масла в картері двигуна (л)	6.0 л
Рівень шуму (дБА)	69 дБА
Ступінь захисту	IP54
Наявність АКБ	Є
AVR (автоматичний регулятор напруги)	Є
Вага (кг.)	770

В даний генератор помістили турбодизельний двигун, що розроблявся у Великобританії. Даний двигун має номінальну частоту обертів 3000 об/хв.

Зазвичай генератори даної компанії мають синхронні генератори змінного струму, які завжди проходять перевірки по всім стандартам. Дані генератори є безщітковими і підлягають автоматичному регулюванню напруги.

Може працювати при певних перевантаженнях [13]:

- около 1 години коли перевантаження 110%, а коли 150% то 2 хв;
- захист від КЗ: 300% протягом 10 секунд;
- має ізоляцію: класу Н;

Генератори мають панель управління на якій можна побачити [9]:

- панель управління DSE;
- амперметр змінного струму;
- вольтметр змінного струму
- вимірювач частоти струму;
- тахометр (об./мін.);
- вимірювач потужності (кВт);
- вимірювач  $\cos \mu$ ;
- вольтметр акумулятора постійного струму;
- датчик тиску масла;
- датчик температури води;
- лічильник сумарного часу робіт;
- реле;
- запобіжники;
- 3-х полюсний автоматичний вимикач;
- кнопка аварійної зупинки.

Двигун на рамі фіксується через еластичні подушки, які виконують амортизаційні функції. В цій же рамі міститься паливний бак та сенсор палива циферблатного типу, що дає змогу бачити рівень палива. Також дотримуючись усіх стандартів виконано звукоізоляцію, яка складається із гідрофобного та нержавіючого матеріалу [13].

## 5 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

### 5.1 Розрахунок капітальних вкладень

Всі витрати, пов'язані з реалізацією проекту називають капітальними вкладеннями. До капітальних вкладень відносять витрати на розробку проекту, придбання обладнання, доставку на підприємство, монтаж і налагодження.

Виходячи з маси вантажу, відстані і тарифу перевезень 1 т вантажу на 1 км, визначають витрати на доставку вантажу. Витрати на монтаж обладнання визначають розрахунковим методом, виходячи з нормативів вартості монтажних робіт. Витрати на налагоджувальні роботи визначають аналогічно. Для загальних розрахунків витрати на доставку, витрати на монтаж обладнання, витрати на налагоджувальні роботи приймають рівними 10% від вартості обладнання.

Одноразові витрати на поновлення оборотних фондів у зв'язку з впровадженням нової техніки включають витрати на придбання необхідної кількості запасів основних матеріалів, запасних частин, комплектуючих виробів та ін.

Впроваджувана система управління підвищує надійність електропостачання будинку і техніко-економічні показники.

На підприємствах-виробниках підвищується ступінь уніфікації та стандартизації обладнання знижуються витрати на наладку, зростає рівень технологічності і автоматизації виробництва.

На підприємствах-споживачах знижуються експлуатаційні витрати, підвищується зручність експлуатації, наладки та ремонту, істотно підвищується надійність і гнучкість електрообладнання.

Розроблена в даній роботі система включає в себе: сонячні панелі, контролер заряду, сенсори температури, акумулятори та інвертор.

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати на комплектуючі системи

Найменування обладнання	Кошторисна вартість, грн.
Інвертор InfiniSolar 5k Plus	76000
Сонячна батарея Solar JAM6PR	150000
Акумулятор ALVA	300000
Сенсори температури	5000
Контролер заряду	15000
Дизельний генератор	270500
Спеціальний інструментарій: зварювальні апарати, вимірювальні пристрої, штанги, тестери, заземлення	38600
Всього	<b>855100</b>
Витрати на транспортування (9%)	<b>76959</b>
Монтажні та налагоджувальні роботи (11%)	<b>94061</b>
Всього капітальні вкладення	<b>1026120</b>

Отже, капітальні витрати  $E_k=1206100$  грн.

## 5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік .

Експлуатаційні витрати  $E$  включають:

- амортизаційні відрахування  $E_a$  ;
- заробітна плата  $E_{зп}$  обслуговуючого персоналу (основна, додаткова, нарахування на заробітну плату);
- витрати на силову електроенергію  $E_e$  ;
- витрати на поточний ремонт  $E_{пр}$  ;
- інші витрати  $E_{ін}$  .

Тобто:

$$E = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр} + E_{ін}. \quad (5.1)$$

### 5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Розрахунок амортизаційних відрахувань потрібно виконати для дизельного генератора та акумуляторів. Дане електрообладнання машзалу відноситься до основних фондів 3-ї групи. Основні фонди поділяють на чотири групи:

1. конструкції, споруди, їх структурні компоненти та передавальні пристрої, зокрема житлові будинки та їх частини, вартість капітального поліпшення землі;
2. автомобільний транспорт та вузли до нього, меблі, побутові електронні, оптичні, електромеханічні прилади та інструменти, інше офісне обладнання, пристрої та пристосування до них;
3. будь - які інші основні фонди, які не ввійшли в групу 1,2, і 4;
4. ЕОМ, інші машини для автоматичного оброблення інформації, пов'язані з ними методи читання або друку інформації, інші інформаційні системи, комп'ютерні програми, телефони, мікрофони і рації, вартість яких перевищує вартість малоцінних товарів (предметів).

Приймаємо річну норму амортизаційних відрахувань для третьої групи рівну 21%.

Річні амортизаційні відрахування становлять:

$$E_a = 21\% \cdot (E_{ген} + E_{акум}), \quad (5.2)$$

$$E_a = 0,21 \cdot 1026120 = 215485 \text{ (грн)}.$$

### 5.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Витрати на ремонт і обслуговування містять в собі витрати на зарплату ремонтного та обслуговуючого персоналу і витрати на комплектуючі вироби, запасні частини і матеріали, використані при ремонтах і обслуговуванні.

Обслуговування даної системи автоматичного живлення після її запуску не потребується, тобто наймати працівників для її обслуговування не потрібно.

Тому вираховувати зарплату не потрібно, оскільки за встановлення та налагодження даної системи кошти вже враховані в капітальних вкладеннях. Можна врахувати декілька тисяч на те що раз в рік спеціаліст просто огляне систему та підтвердить її справність.

### 5.2.3 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Поточний ремонт елементів даної системи здійснюється на місці встановлення з його відключенням силами змінного ремонтного персоналу.

Витрати на проведення ремонтних робіт включають витрати на комплектуючі і запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні.

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймемо рівними 1% від амортизаційних відрахувань та заробітню плату спеціаліста, який періодично обслуговує обладнання протягом терміну його експлуатації. Тобто, витрати на матеріали становлять:

$$E_{\text{ГР}} = E_a \cdot 0.1 + E_{\text{зп}}, \quad (5.3)$$

$$E_{\text{ГР}} = 215485 \cdot 0.1 + 3000 = 24548 \text{ (грн)}.$$

Графік планово – попереджувальних ремонтів для нашої системи електричного живлення наведено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Графік ремонтів нашої системи

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд·год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Сон. панелі	8						7						15
Інвертор			8							7			15
Акумулятори		7						8					15
Генератор				8					8				16
Сенсори						7						8	15
Контролер					8						7		15
Загальна трудомісткість												91	

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електромонтер шостого розряду. З врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт, основну заробітну плату розрахуємо за формулою:

$$C_{з\ по} = T_1 \cdot k \cdot \Phi_{рем}, \quad (5.4)$$

де  $k$  – тарифний коефіцієнт 6-го розряду ( $k = 2,7$ );

$T_1$  – годинна тарифна ставка робітника 1-го розряду ( $T_1 = 22$  грн/год);

$\Phi_{рем}$  – трудомісткість ремонтних робіт,

$$C_{з\ по} = 22 \cdot 2,7 \cdot 91 = 5405 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткова заробітна плата  $C_{з\ пн}$  становить 15% основної заробітної плати:

$$C_{з\ пн} = 0,15 \cdot C_{з\ по}, \quad (5.5)$$

$$C_{з\ пн} = 0,15 \cdot 5405 = 810 \text{ (грн/рік)}.$$

Всього витрати на заробітну плату для проведення ремонтних робіт становлять:

$$C_{з\ пр} = C_{з\ по} + C_{з\ пн}, \quad (5.6)$$

$$C_{з\ пр} = 5405 + 810 = 6215 \text{ (грн/рік)}.$$

#### 5.2.4 Інші витрати

Розмір інших витрат зазвичай приймають рівним 5% від загальної суми попередніх витрат. Тобто:

$$E_{ін} = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр}. \quad (5.7)$$

Але врахуючи той факт, що дана система розрахованна на довгий термір роботи без втручання ремонтного персоналу, тобто немає витрат на ремонт та зарплату приймемо розмір інших витрат 3% від вкладення, а це становить 30000 грн.

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат за формулою (5.7) наведемо в таблиці 5.3.



Таблиця 5.3 – Розрахунок сумарних експлуатаційних витрат

Найменування витрат	Сума
Амортизаційні відрахування $E_a$ , грн.	215485
Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу, грн.	3000
Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$ , грн.	24548
Інші витрати $E_{ін}$ , грн.	30000
<b>Всього експлуатаційні витрати <math>E</math>, грн.</b>	<b>273033</b>

### 5.3 Визначення економічної ефективності проєкту

За критерій економічної ефективності нового технічного рішення приймаємо термін окупності капітальних вкладень  $T_o$  та коефіцієнт економічної ефективності  $E_{ef}$ .

Термін окупності капітальних вкладень  $T_o$  розраховується за формулою 5.8

$$T_o = \frac{E}{C_p}, \quad (5.8)$$

де,  $C_p$  сума прибутку за рік.

Прибуток розраховується за формулою 5.5, кількість електроенергії, що генерується сонячними панелями за рік множиться на тариф купівлі електроенергії.

$$C_p = W_{річн} \cdot 5.32, \quad (5.9)$$

де,  $W_{річн}$  кількість залишку електроенергії, що генерується сонячними панелями протягом року.

Розрахуємо кількість електроенергії що виробить сонячна електростанція за один рік скориставшись формулою

$$W_{річн} = P_B \cdot n, \quad (5.10)$$

де,  $P_B$  – потенціал виробництва електроенергії;

$n$  – потужність сонячної станції.

Потенціал виробництва електроенергії СЕС для будинків на 1кВт потужності для Вінничини становить 1190.5 кВт\*ч

Отже термін окупності можна розраховувати врахувавши усі дані

$$T_o = \frac{E_{кп}}{P_B \cdot n \cdot 5.32}, \quad (5.11)$$

$$T_o = \frac{1026120}{1190,5 \cdot 25 \cdot 5.32} = \frac{1026120}{158400} = 6.4 \text{ р.}$$

Коефіцієнт економічної ефективності:

$$E_{эф} = \frac{1}{T_o}, \quad (5.12)$$

$$E_{эф} = \frac{1}{6.4} = 0.16.$$

В даному розділі було проведено розрахунок капітальних вкладень для розробки та впровадження в роботу автоматизованої системи електричного живлення будинку. Розраховано амортизаційні відрахування та інші витрати. Потенційну вигоду від впровадження даної системи наразі оцінити досить таки складно, але з результатів виконаних розрахунків можна зробити висновок, що автоматизація даної системи електричного живлення будинку є економічно виправданою. Оскільки дана система протяго шести років себе окупить, а решту строку своєї експлуатації не тільки буде забезпечувати електроенергією будинок, а й приносити певний дохід.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випусковій магістерській роботі досліджуються заходи з автоматизації системи електричного живлення будинку.

Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей. Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні росту ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного вдосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Економічне значення охорони праці визначається ефективністю заходів з покращення умов і підвищення безпеки праці та є економічним виразом соціальної значущості охорони праці.

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює монтаж, наладку, експлуатацію, діагностування стану та оперативний ремонт обладнання системи електричного живлення будинку, за ГОСТ 12.0.003-74 впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1) фізичні:

- машини та механізми, що рухаються;
- незахищені елементи виробничого обладнання, що рухаються;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень вологості повітря;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;

- підвищена швидкість руху повітря
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

2) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервовопсихічні перенавантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

## **6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації**

### **6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць**

Роботодавець зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці. Це забезпечить не лише безпечність умов праці, а й створить відповідний настрій всередині колективу.

Комплексне оснащення робочого місця є необхідною передумовою ефективної організації процесу праці. Однак іншою важливою умовою є раціональне просторове розміщення засобів оснащення на робочому місці так, щоб забезпечити зручність їх обслуговування, вільний доступ до механізмів, економію рухів і пересувань працівника, зручну робочу позу, хороший огляд робочої зони, безпеку праці, економію виробничої площі, зручний взаємозв'язок із суміжними робочими місцями, з підлеглими і керівниками. Забезпечення цих умов досягається в ході планування робочих місць, яке ми коротко визначаємо як найраціональніше просторове розміщення матеріальних елементів виробництва, що складають оснащення робочого місця, та самого працівника.

При роботі, яка зв'язана з дотиком до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух

механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабелю при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

### **6.1.2 Електробезпека**

Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід

захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізолюваними струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустановками. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізолюваних проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачах навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - працюють люди". На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: "Не відкривати - працюють люди".

Приміщення в якому розташовані стенди повинно бути сухим, світлим і теплим а також забезпечене роздягальною з вішалками для одягу.

Площа робочих приміщень повинна бути така, щоб на одного працюючого припадало не менше 4,5 м<sup>2</sup>.

Стіни робочих приміщень мають бути світлих відтінків, а стеля повинна бути пофарбована в білий колір.

Не правильне поводження з електрообладнанням і джерелами електричної енергії може призвести до враження електричним струмом і виходу приборів з ладу, тому:

- не проводити будь-яких втручань, як відкриття руками, так і за допомогою інструмента і сторонніх предметів в електрообладнання при встановлених на контактний провід струмоприймачів. Це стосується не лише електрообладнання 550 В, але і електрообладнання 24 В;
- не допускати струми витоку більше 0,003 А. Контроль струмів витоку проводять щодня міліамперметром або спеціальним пристроєм для вимірювання стану електроізоляції;
- ретельно слідкувати, щоб не виникали обриви проводів і інші порушення цілісності електричних кіл;

## 6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

### 6.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Роботи з діагностики електродвигунів відносяться до категорії Пб по важкості праці.

Енерговитрати за цією категорією становлять - до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху, X
		Допустима	Верхня межа		
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30		



### 6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м<sup>3</sup>.

При здійсненні діагностики двигунів виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в боксі і знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановлені безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

Приміщення фотоелектричних станцій оснащено системами витяжної та припливної вентиляції. Повітря з приміщень витягується вентилятором системи вентиляції. Так як повітря видувається в атмосферу, то в приміщеннях створюється деяке розрідження, що забезпечує постійний приток свіжого повітря через відкриті квартирки вікон і двері. В літній час забезпечується 10-20 кратний обмін повітря на протязі години або повне оновлення повітря в приміщеннях за кожні 5 хвилин.

В зимній час кратність обміну повітря знижується, оскільки приплив свіжого повітря відбувається лише при відкриванні дверей, тому примусово подача свіжого повітря здійснюється за рахунок припливної вентиляції.

Також приміщення фотоелектричних станцій оснащено системою опалення, що використовує тепло від масляних нагрівачів.

### 6.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або  $e$ :

$$e = \frac{E_{\text{вн}}}{E_{\text{зов}}} \cdot 100\%, \quad (6.1)$$

де  $E_{\text{вн}}$  – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зов}}$  – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з  $E_{\text{вн}}$ , лк.

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 6.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними

перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта фоном	Характеристика фону	Штучне при-родне комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

#### 6.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум.

Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно до рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0), \quad (6.2)$$

де  $L$  - рівень шуму, дБ;

$p$  - звуковий тиск, Па;

$U_0$  - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

$P_0$  - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним 210 Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в боксі двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

### 6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях										

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с  $10^{-2}$ , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

### 6.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

- загальні енергозатрати організму (кг/м):
- зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);
- при регіональному навантаженні (для чоловіків) - 12 000(40);
- при загальному навантаженні ( за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);
- маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

- при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;
- при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

- двома руками (чоловіки) – до 70 000;
- за участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза - періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни

Нахил тулуба:

- вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;
- переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12.

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці

Інтелектуальні навантаження:

- зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;
- сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;
- розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

- зосередження (%за зміну) - до 50;
- щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;
- навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;
- навантаження на голосовий апарат ( протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

- ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;
- ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

- тривалість робочого дня - більше 8 год;
- змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

## 6.3 Цивільний захист

### 6.3.1 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах надзвичайних ситуацій

Забезпечення стійкої роботи системи електричного живлення будинку в умовах надзвичайних ситуацій є одним із головних завдань в процесі проектування. Серед всіх чинників надзвичайних ситуацій, що можуть виникнути і вивести з ладу систему електричного живлення будинку можна виділити найзагрозливіші три: вплив електромагнітного імпульсу, іонізуючих випромінювань і температурний вплив при пожежі в наслідок короткого замкнення у автомобілі.

Розрізняють кілька видів іонізуючого випромінювання. Гамма-випромінювання є найнебезпечнішим джерелом енергії, воно проникає у повітрі на відстань сотень метрів. Опромінення системи призводить до зміни струму та коефіцієнтів підсилення, також вплине на конденсатори в них понизиться напруга пробною і опір витoku, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність а також тангенс кута витрат.

В результаті дії ЕМІ імпульс струму чи напруги проникає в систему електричного живлення будинку і спричиняє пошкодження, ступінь яких залежить від чутливості складових системи вузлів. Дія електромагнітного імпульсу може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання автомобіля. Проведемо дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку до дії цих двох загрозливих факторів.



### 6.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи системи електричного живлення будинку, що розробляється приймається допустима доза  $D_{\text{доп}}(P)$  або граничне значення рівня радіації  $P_{\text{гр}}(P/\text{Год})$ , при яких комплекс буде стійко працювати.

Визначаємо граничні значення дози опромінення  $D_{\text{гр}}$ , для елементної бази комплексу, при яких виникають незворотні зміни. Отриманні данні заносимо в таблицю 6.6

Таблиця 6.6– Граничні значення експозиційних доз системи електричного живлення будинку

№	Блоки системи	Елементи системи електричного живлення будинку	$D_{\text{гр}i}(P)$	$D_{\text{гр}}(P)$
1	Блок управління	Мікросбірка автоматики	$10^5$	$10^4$
		Мікросхеми К555; К1533	$10^5$	
2	Блок живлення	Конденсатори К53-1	$10^7$	
		Резистори С2-29-5%	$10^7$	
		Акумуляторні батареї	$10^4$	
3	Блок підсилення	Транзистори IRG7PH46UPBF	$10^4$	
		Діоди, діодні мости	$10^4$	

По мінімальному значенню допустимої дози, при якій в елементній базі виникають необоротні зміни, визначаємо границю стійкості роботи системи електричного живлення будинку в цілому. Проаналізувавши дані таблиці 6.1, робимо висновок, що самими уразливими елементами системи електричного живлення будинку з мінімальною дозою  $D_{\text{гр}}=10^4 P$  є транзистори, діоди та акумуляторні батареї.

Визначаємо можливу дозу опромінення  $D_{\text{м}}$  за формулою :

$$D_{\text{м}} = \frac{2 \cdot P_1 \cdot (\sqrt{t_{\text{к}}} - \sqrt{t_{\text{п}}})}{k_{\text{осл}}} \quad (6.3)$$

де  $P_{1\text{max}}$  – максимальне значення рівня радіації ( $P_1 = 6,78 P / \text{Год}$ );

$t_k$  – час кінця опромінення ( $t_k = 35040$  год);

$t_n$  – час початку опромінення ( $t_n = 1$  год);

$k_{осл}$  – коефіцієнт послаблення радіації будинком ( $k_{осл} = 1$ ).

$$D_m = \frac{2 \cdot 6,78 \cdot (\sqrt{35040} - \sqrt{1})}{1} = 2524,733 (P).$$

Порівнюючи граничне значення дози опромінення з можливою, ми бачимо, що  $D_{гр} > D_m$  ( $10^4 > 2524,733$ ).

Отже можна зробити висновок, що даний систему електричного живлення будинку буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючого випромінювання.

Визначимо допустимий час роботи системи електричного живлення будинку в заданих умовах за формулою :

$$t_d = \left( \frac{D_{гр} \cdot k_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot P_1} \right)^2, \quad (6.4)$$

$$t_d = \left( \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 6,78 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,78} \right)^2 = 738,46 \text{ (год)}.$$

Отже, електротехнічний комплексу гібридного автомобіля тривалий час буде стійко працювати в умовах дії іонізуючого випромінювання.

### **6.3.3 Дослідження стійкості роботи системи електричного живлення будинку в умовах дії електромагнітного імпульсу**

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу на струмопровідні елементи необхідно врахувати, що ЕМІ має горизонтальну та вертикальну складові напруженостей електричного поля і тому повинні визначатися значення напруг на вертикальних та горизонтальних ділянках ліній. Так як для живлення силового обладнання використовується мережа живлення напругою 12 В, а кола управління – постійної 5 В, то проведемо розрахунок безпеки роботи для обох мереж живлення. Напряга наводки в горизонтальній і вертикальній струмопровідній часині:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{в}} \cdot L_{\Gamma}, \quad (6.5)$$

де  $E_{\text{в}}$  – величина вертикальної складової напруженості електромагнітного поля

$$(E_{\text{в}} = 12,3 \cdot 10^3 \text{ В/м});$$

$L_{\Gamma}$  – довжина горизонтальної струмопровідної частини системи ( $L_{\text{а}} = 1,8 \text{ м}$ ).

$$U_{\text{а}} = 12,3 \cdot 10^3 \cdot 1,8 = 22,14 \cdot 10^3 \text{ (В)},$$

$$U_{\hat{\text{а}}} = \hat{A}_{\text{а}} \cdot L_{\hat{\text{а}}}, \quad (6.6)$$

де  $E_{\Gamma}$  – величина горизонтальної складової напруженості електромагнітного поля

(В/м);

$L_{\text{в}}$  – довжина вертикальної струмопровідної частини системи ( $L_{\text{в}} = 1 \text{ м}$ ).

Визначаємо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

$$E_{\Gamma} = E_{\text{в}} \cdot 10^{-3}, \quad (6.7)$$

$$E_{\Gamma} = 12,3 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 12,3 \text{ (В/м)},$$

$$U_{\text{в}} = 12,3 \cdot 1 = 12,3 \text{ (В)}.$$

Визначаємо допустиме коливання напруги живлення для різних блоків:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (6.8)$$

де  $N$  – відсоток допуску ( $N=25\%$ ).

Коефіцієнт безпеки визначається за формулою:

$$K_{\text{б}}_{\Gamma(\text{в})} = 20 \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{\Gamma(\text{в})}} \geq 40, \quad (6.9)$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для силового кола ( $U_{\text{ж}}=12\text{В}$ ):

- вертикальної:  $Kb_{в.} = 20 \cdot \lg \frac{13,2}{12,3} = 18,72$  (дБ),
- горизонтальної:  $Kb_{г.} = 20 \cdot \lg \frac{13,3}{22140} = -7,22$  (дБ).

Визначаємо коефіцієнти безпеки для кола управління ( $U_{ж} = 5$  В):

- вертикальної:  $\hat{E}a_{а.} = 20 \cdot \lg \frac{6,25}{12,3} = 7,12$  (дБ),
- горизонтальної:  $\hat{E}a_{а.} = 20 \cdot \lg \frac{6,25}{22140} = -32,79$  (дБ).

Отримані дані заносимо в таблицю 6.7.

Таблиця 6.7 – Значення коефіцієнтів безпеки системи електричного живлення будинку

№	Найменування блоків	$Kb_{в.}$ , (дБ)	$Kb_{г.}$ , (дБ)	Результат дії
1	Силове коло, 12 В	18,72	-7,22	Нестійке
2	Коло управління, 5 В	7,12	-32,79	Нестійке

Отже, систему електричного живлення будинку є нестійким в умовах дії електромагнітного імпульсу. Необхідно розробляти додаткові заходи по підвищенню стійкості роботи системи електричного живлення будинку.

#### **6.3.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електричного живлення будинку у надзвичайних ситуаціях**

Для підвищення рівня безпеки роботи системи електричного живлення будинку необхідно вжити наступних заходів:

- кабелі живлення електродвигуна на 12 В помістити в металеві труби, на вводах до двигунів встановити розрядники;
- розвідну мережу керування і кабелі введення інформації від датчиків прокласти в сталених заземлених трубах;
- на вводах блоку керування встановити швидкодіючі відключаючі електронні пристрої;
- пристрій введення, блок керування розмістити в металевих пасивних екранах з коефіцієнтом згасання в екрані понад 40 дБ.

Щоб визначити якої товщини необхідно застосувати екран, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}}, \quad (6.10)$$

де  $K_{\text{Бном}}$  – номінальний коефіцієнт безпеки ( $K_{\text{Бном}} = 40 \text{ дБ}$ );

$K_{\text{Бмін}}$  – мінімальний коефіцієнт безпеки отриманий під час розрахунків.

Для силового кола:

$$A_{12В} = 40 + 7,22 = 47,22 \text{ (дБ)};$$

Для кола управління:

$$A_{5В} = 40 + 32,79 = 72,79 \text{ (дБ)}.$$

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (6.11)$$

де  $f$  – найбільш характерна частота (15 кГц).

Отже, для обладнання силового кола товщина екрану:

$$t_{12В} = \frac{47,22}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,1 \text{ (см)}.$$

Для обладнання кола управління товщина екрану:

$$t_{5В} = \frac{72,79}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)}.$$

Отже, при застосуванні екранів відповідних товщин будуть досягнуті номінальні коефіцієнти безпеки.

Також в даному розділі нами було проведено дослідження безпеки роботи системи електричного живлення будинку. Описано вплив та наслідки дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу на працездатність електротехнічного комплексу. Після проведення розрахунків визначено, що стійкість роботи системи електричного живлення будинку забезпечується при заданому рівні радіації 6,78 Р/год. До дії ЕМІ комплекс виявився нестійким.

Для забезпечення стійкої роботи системи електричного живлення будинку та граничного коефіцієнта безпеки в 40 дБ, а було запропоновано ряд заходів, розраховано товщину захисного екрана, для елементів силового кола це не менше 1 мм, для елементів кола управління – 1,2 мм.

## ВИСНОВКИ

До електропостачання будинку крім централізованої мережі відносять також альтернативні способи живлення, а саме системи живлення на базі сонячної, вітрової енергії та генераторів на пальному.

Основна перевага автоматизованої системи електроживлення будинку полягає в тому, що завдяки автоматизації система сама контролює процес живлення будинку енергією, тобто людина не втручається навіть при якійсь поломці, лише тоді коли система автоматично видасть інформацію про те що, людині потрібно щось зробити, наприклад, потрібно заправити генератор.

У роботі розглянувши різні варіанти електропостачання та перевіривши всі їхні плюси та мінуси, було вирішено взяти за базову систему електроживлення гібридну систему живлення на базі: сонячних панелей, дизель генератора, акумуляторної панелі та централізованої мережі живлення. За допомогою новітніх технологій дану систему автоматизувати. Під час розгляду елементної бази даної системи живлення, було підібрано елементи системи таким чином, щоб можна було автоматизувати систему за певним алгоритмом.

Автоматизована система працює за алгоритмом який задається власником будинку за певними критеріями, також данна система має властивість заміни алгоритму роботи на програмному рівні, тобто якщо власник хоче внести якісь нові коректи, то без проблем їх вносить і система працює за новим алгоритмом.

Отже було виконано автоматизацію системи електричного живлення будинку, яка на автоматичному рівні забезпечує безперебійність роботи усіх систем будинку з урахуванням ефективного використання ресурсів електроенергії та домашнього комфорту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. HELFER SYSTEMS – проводные системы умного дома, доступные каждому. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://helpersystems.com/?gclid=Cj0KCQjwzN71BRCOARIsAF8pjfhnvDaaF6d7yFAi8zb3ia70HVVGCCQo5DbFU8uPygyUkpuFBD4f6\\_k4aAj1CEALw\\_wcB](https://helpersystems.com/?gclid=Cj0KCQjwzN71BRCOARIsAF8pjfhnvDaaF6d7yFAi8zb3ia70HVVGCCQo5DbFU8uPygyUkpuFBD4f6_k4aAj1CEALw_wcB).
2. PWM Controller 200A Wind Solar Hybrid Charge Controller for Home Use. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shdgpowers.en.made-in-china.com/product/DXwmlTHuhiYB/China-PWM-Controller-200A-Wind-Solar-Hybrid-Charge-Controller-for-Home-Use.html>.
3. Top 10 solar module suppliers in 2018. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pv-tech.org/editors-blog/top-10-solar-module-suppliers-in-2018>.
4. Wind generator SV-6,7 / 1000. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://avante.com.ua/ua/catalog/vetrogenerator\\_sv-67\\_1000\\_4\\_kvт\\_48v\\_kontroller\\_zarjada-03705/](http://avante.com.ua/ua/catalog/vetrogenerator_sv-67_1000_4_kvт_48v_kontroller_zarjada-03705/).
5. Автономне живлення розумного будинку. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://solar.kiev.ua/ua/blog/smart-house/power-supplysmarthouse>.
6. Альтернативные, возобновляемые источники энергии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://renewita.com.ua/>.
7. Г. С. Найтвельт, Ред., Источники электропитания РЭА. Справочник. М., Россия: Радио и связь, 1986, 576 с.
8. Енергія про запас: як працюють системи безперебійного живлення для приватного будинку. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://solarsystem.com.ua/blog/energiya-pro-zapas-yak-pratsyuyut-systemy-bezperebijnogo-zhyvlennya-dlya-pryvatnogo-budynku/>.
9. И. И. Белопольский, Е. И. Каратникова, и Л. Г. Тикалова, Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности. М., Россия: Энергетика, 1973, 400 с.
10. И. М. Готтлиб, Источники питания. Инверторы, конверторы. Линейные и импульсные стабилизаторы. М., Россия: Постмаркет, 2000, 544 с.



11. Инвертор МАП Гибрид 20 кВт-48В. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://astation.ru/catalog/inventory/gibridnye-inventory-/invertor-map-gibrid-20-kvt-48v/>.
12. І. О. Дужак, «Розумний будинок,» Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, № 13,14, с.31-33. 2013.
13. Л. А. Бессонов, Теоретические основы элетктротехники. Львов, Украина: Высшая школа, 1973, 752 с.
14. Літієвий акумулятор BYD В-Вох. [Електронний ресурс]. Режим доступа: <https://www.atmosfera.ua/uk/novini/li-ion-akumulyator-byd-b-box/>.
15. М. П. Розводюк, А. О. Ільницький, та Д. Р. Чернявський, «Розробка автономної метеостанції,» на Науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, Вінниця, ВНТУ, 2019. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allfeem/allfeem019/paper/view/7940>.
16. М. П. Розводюк, та В. В. Охов, «Сценарії мікроклімату в системі «розумний будинок,» на Науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, Вінниця, ВНТУ, 2019. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allfeem/allfeem2019/paper/view/6748>.
17. М. П. Розводюк, та Т. В. Качай, «Розрахунок та проектування систем електротехнічної інженерії з використанням програми «Gravity Portal,» на Науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, Вінниця, ВНТУ, 2019. <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feem/all-feem-2019/paper/view/6984>.
18. Н. Н. Горюнов, Ред., Полупроводниковые приборы: диоды, тиристоры, оптоэлектронные приборы. Справочник. М., Россия: Энергоатомиздат, 1983, 744 с.
19. О. О. Терепа, та О. В. Бабнеко, «Концепція енергозбереження на базі системи «розумного» будинку,» на Науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету, Вінниця, ВНТУ, 2019, с. 2900-2901. [https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/feem\\_2019\\_netpub.pdf](https://conferences.vntu.edu.ua/public/files/1/feem_2019_netpub.pdf).
20. Опорный лист силовых электронных модулей производителя Mitsubishi Electronics. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<http://www.mitsubishichips.com/Global/common/cfm/eLineUp.cfm?FOLDER=/product/powermod>.

21. Руководство по монтажу, эксплуатации и техническому обслуживанию дизельных генераторных установок серии DJ-CP COOPER. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docplayer.ru/43608076-Rukovodstvo-po-montazhu-ekspluatacii-i-tehnicheskomu-obsluzhivaniyu-dizelnyh-generatornyh-ustanovok-serii-dj-cp-cooper.html>.

22. Що таке тепловий насос і як він працює? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://idm.ua/ua/publications/cho-takoe-teplovoy-nasos-i-kak-on-rabotaet/>.

23. Э. А. Бекиров, Автономные источники электропитания на базе солнечных батарей. Симферополь, Украина: ТИ «АРИАЛ», 2012, 480 с.

**Додаток А**  
**Технічне завдання**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри ЕМСАПТ  
д.т.н., проф.  
\_\_\_\_\_ В. М. Кутін  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на магістерську кваліфікаційну роботу

**Автоматизація системи електричного живлення будинку**

08-16.МКР.001.00.000 ТЗ

Керівник роботи к.т.н., доц.  
\_\_\_\_\_ В.В. Богачук  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-20м  
\_\_\_\_\_ Ковтун О.В.  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## **1 Загальні відомості**

Повне найменування розробки – «Автоматизація системи електричного живлення будинку».

## **2 Підстави для розробки**

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем магістерських кваліфікаційних робіт.

## **3 Призначення розробки і галузь використання**

Автоматизована система електричного живлення будинку використовується для безперебійної та оптимальної роботи усіх систем будинку.

## **4 Вимоги до розробки**

Основними вимогами автоматизованої системи електричного живлення є забезпечення безперебійності роботи усіх систем будинку з урахуванням ефективного використання ресурсів електроенергії та домашнього комфорту

## **5 Комплектація розробки**

Автоматизована система живлення містить: сонячні панелі; контролер заряду; акумуляторну станцію; інвертор; контролер; сенсори температури; дизельний генератор.

## **6 Технічні характеристики**

Автоматизована система живлення на 25 кВт, дизель генератор 24 кВт.

## **7 Джерела розробки**

1. Автономне живлення розумного будинку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solar.kiev.ua/ua/blog/smart-house/power-supplysmarthouse>

2. Альтернативные, возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://renewita.com.ua/>

3. Бекиров Э. А. Автономные источники электропитания на базе солнечных батарей / Бекиров Э. А. – Симферополь : ТИ «АРИАЛ», 2012. – 480 с.

4. Белополюский И. И. Расчет трансформаторов и дросселей малой мощности / И. И. Белополюский, Е. И. Каратникова, Л. Г. Тикалова. – М. : Энергетика. – 1973. – 400 с.

5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. / Бессонов Л. А. – Львов : Высшая школа, 1973. – 752 с.

## **8 Елементна база**

Сонячні панелі, контролер заряду, інвертор, контролер, сенсори температури, дизельний генератор іноземного виготовлення.

## **9 Порядок контролю та прийняття**

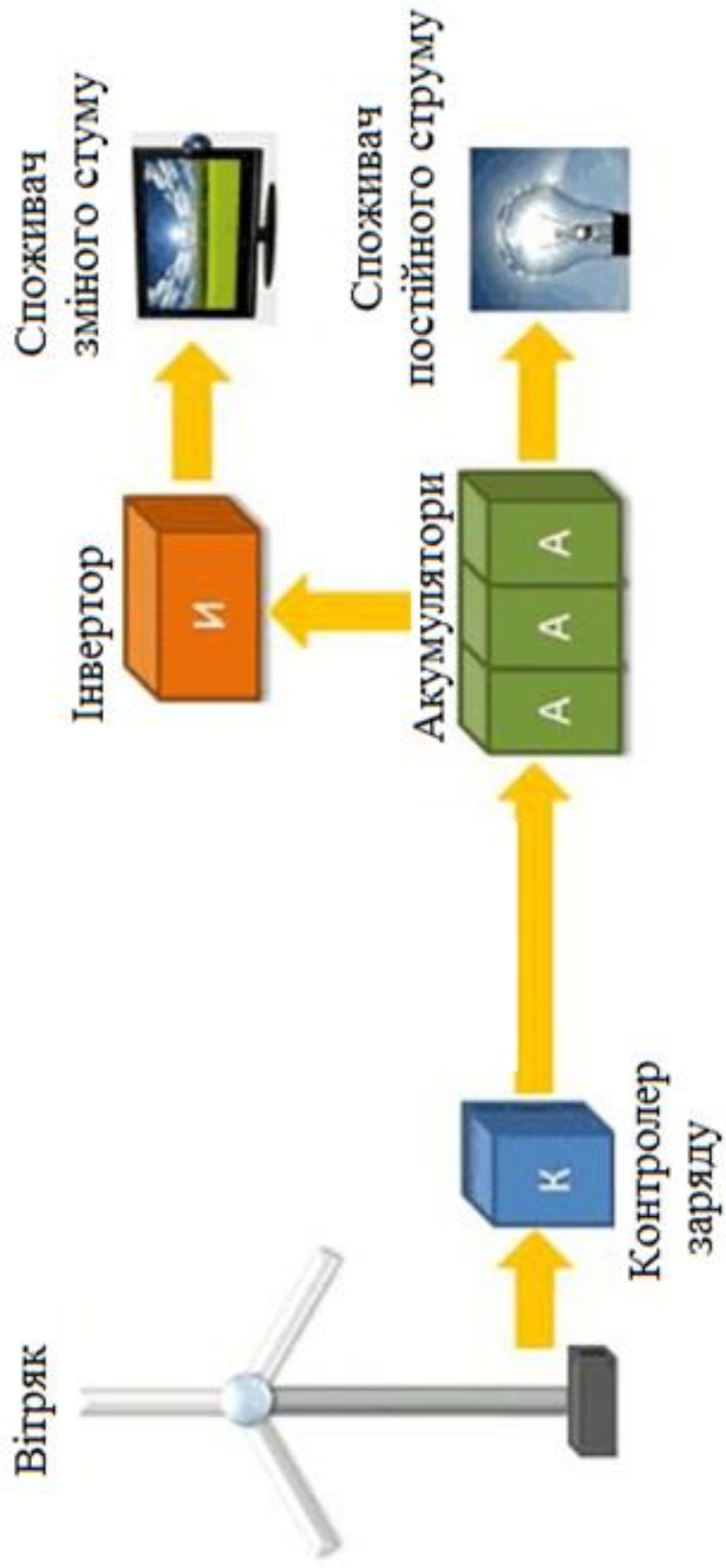
Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

**Додаток Б**  
**Ілюстративні матеріали**

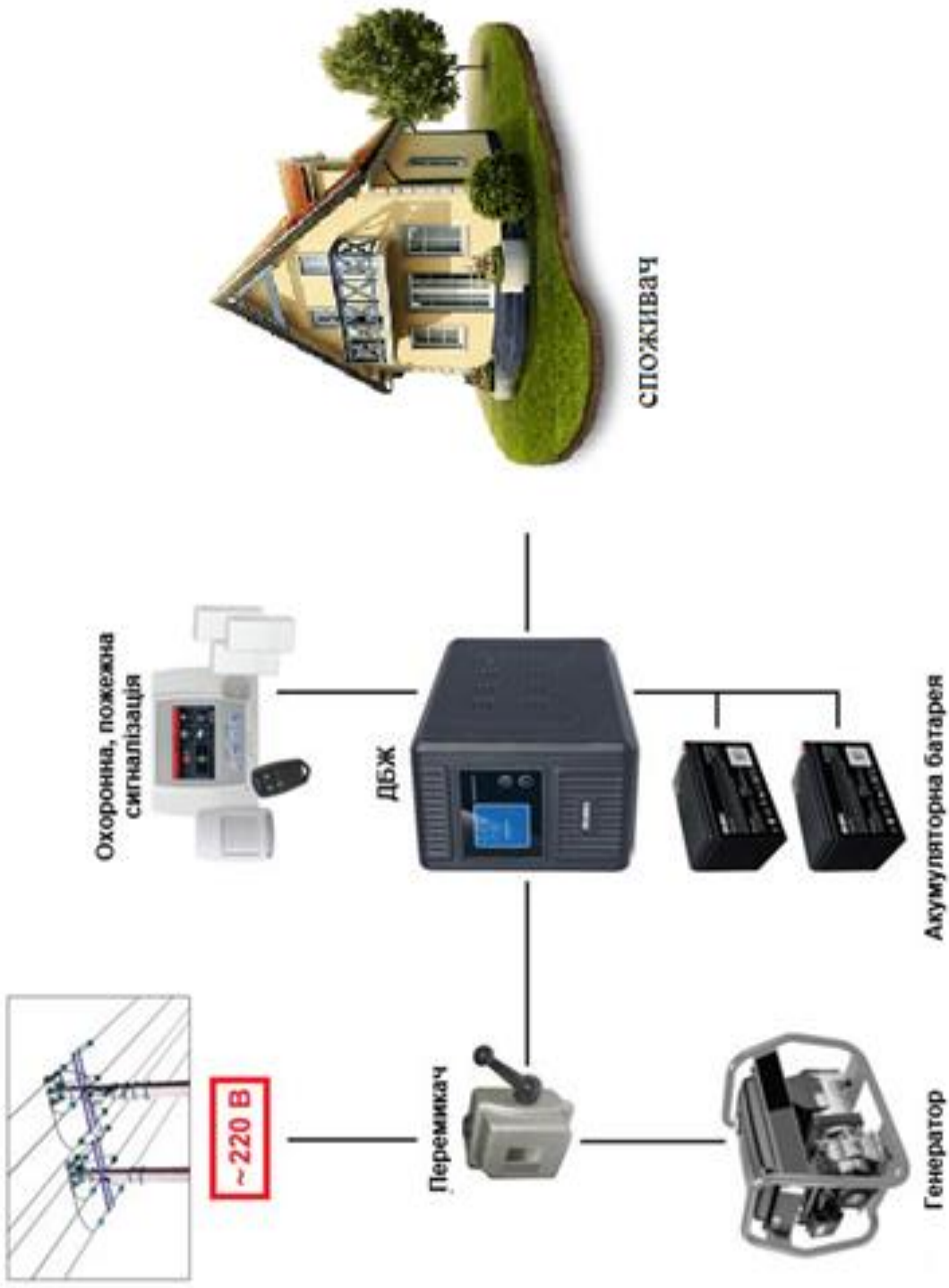
# Структурна схема сонячної системи живлення для будинку



# Схема роботи вітрогенератора







## Система живлення на базі генератора

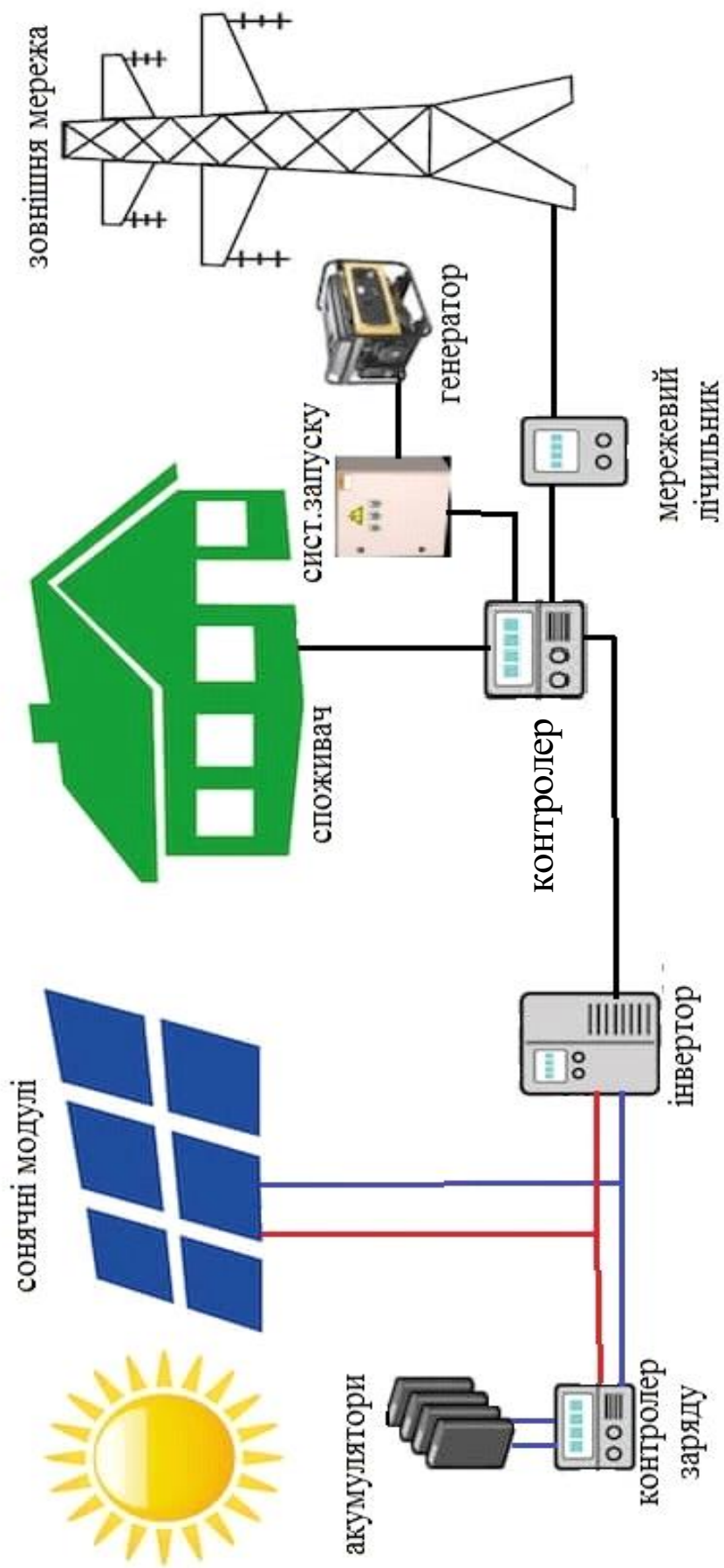
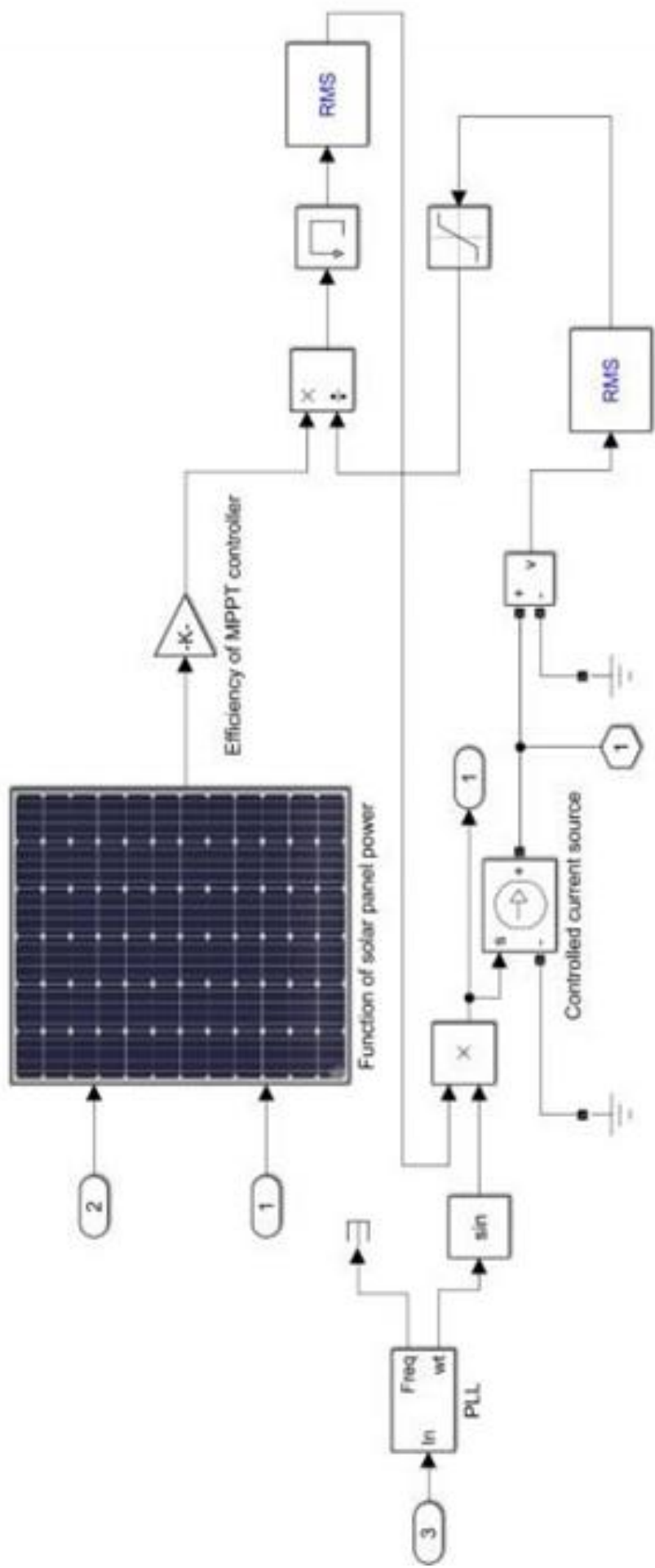


Схема автоматизованої системи електричного живлення будинку





## Алгоритм роботи сонячної станції в програмі MatLab