

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Розробка автономної комбінованої електростанції

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи ЕТм-62
спеціальності 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Гнилиця М. Б. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Буняк О. А. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Коваль В. П. (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Коваль В. П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В. П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 11 » листопада 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Гнилиця Михайло Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка автономної комбінованої електростанції

Керівник роботи Буняк Олег Андронікович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 10 » листопада 2023 року № 4/7-1042

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Необхідно провести всебічний аналіз процесу, враховуючи всі етапи та особливості будівництва автономної системи для забезпечення електропостачання приватного будинку. На основі результатів аналізу необхідно провести детальний розрахунок електричної частини автономної системи, визначивши оптимальні параметри для задоволення потреб будинку в електроенергії.

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунково-дослідницький розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Схема структури типової гібридної енергетичної системи. Схема електропостачання житлового будинку від дизельної електростанції. Схема принципова мікро-ГЕС. Гібридна фотоелектрична установка. Схема електропостачання на базі сонячної фотоелектричної установки. Залежність згенерованої потужності вітрового генератора від швидкості вітру. Структурна схема гібридної системи автономного. електропостачання житлового будинку. Аплікація схема гібридної системи автономного. електропостачання житлового будинку. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.10.2023	
2	Аналітичний розділ	25.10.2023	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2023	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2023	
6	Висновки	15.12.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2023	
8	Оформлення графічної частини	20.12.2023	

Студент

(підпис)

Гнилиця М. Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Буняк О. А.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Гнилиця Михайло Богданович – Розробка автономної комбінованої електростанції.

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Стор.– 76; рис. - 35; табл. - 9; слайдів - ____; джерел - 22; додатків - _.

В даній роботі здійснено розробку автономної комбінованої електростанції.

Проведено всебічний аналіз процесу, враховуючи всі етапи та особливості будівництва автономної системи для забезпечення електропостачання приватного будинку. Це включає оцінку необхідних ресурсів, технічних вимог, нормативних актів і можливих перешкод. На основі результатів аналізу проведено детальний розрахунок електричної частини автономної системи, визначено оптимальні параметри для задоволення потреб будинку в електроенергії. Після цього, проведено вибір та перевірку відповідного комутаційно-захисного обладнання, яке забезпечить безпечну і надійну експлуатацію системи, та проведено його встановлення відповідно до визначених вимог і стандартів.

Перелік ключових слів: АВТОНОМНА КОМБІНОВАНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ФОТОЕЛЕКТРИЧНІ ПАНЕЛІ, ВІТРОУСТАНОВКА, АКУММУЛЯТОРНІ БАТАРЕЇ, ГЕНЕРАТОР.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Важливість використання альтернативних джерел енергії	9
1.2. Гібридні системи та їх конфігурації	12
1.3 Висновки до розділу 1	21
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	22
2.1. Визначення параметрів автономного енергоспоживання	22
2.2. Розрахунок пікової потужності	22
2.3. Розрахунок добового енергоспоживання	23
2.4. Вибір оптимальної системи електропостачання з використанням альтернативних джерел енергії	23
2.5 Системи електропостачання на основі дизельгенераторів	26
2.6 Забезпечення житлового будинку електроенергією за допомогою мікро ГЕС	29
2.7 Забезпечення житлового будинку електроенергією на базі вітроенергетичних установок	32
2.8 Забезпечення житлового будинку електроенергією за допомогою сонячних електростанцій	35
2.9 Висновки до розділу 2	38
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	40
3.1 Оцінка продуктивності мікро-ГЕС та дизельної електростанції	40
3.2. Аналіз акумуляторів для незалежної електросистеми	42
3.3. Розрахунок сонячних панелей	49
3.4 Розрахунок вітроенергетичної установки	51
3.5 Структура гібридної енергосистеми	55
3.6 Ефект взаємодії результату об'єднаних зусиль	56
3.7 Визначення параметрів та підбір обладнання	57
3.8. Розрахунок електропостачання житлового будинку	60

3.9. Висновки до розділу 3	64
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	65
4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом	65
4.2 Захисне заземлення та занулення	66
4.3 Класифікація НС в Україні та порядок реагування і ліквідації їх наслідків	70
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	74

ВСТУП

Актуальність теми. Як зазначає Енергетична стратегія України, що розрахована до 2050 року, одним із основних напрямів розвитку визначено створення незалежних систем електрогенерації на базі альтернативних джерел енергії [1].

Відновлюване джерело енергії – це енергія, яку отримують при допомозі ресурсу, що швидко відновлюється (заповнюється) внаслідок природнього безперервного процесу.

З погляду економіки відновлювані джерела енергії (ВДЕ) можна сприймати як ефективний метод стимуляції інноваційної й ділової активності в державних економіках, які передбачають створення нових робочих місць, отримання суттєвих джерел прибутку від імпорту сучасного обладнання [2].

З поширенням вітроенергетичних і сонячних електростанцій питання надійності обладнання та цілої енергетичної інфраструктури набуває особливої важливості. Виникає потреба в удосконаленні методів до аналізу й прогнозування надійності, що ще на етапі проєктування дасть змогу врахувати особливості ВДЕ, технічні характеристики обладнання та досвід його експлуатації. Це сприятиме проведенню точних розрахунків надійності установок, порівнянню різних конфігурацій автономних енергосистем та обґрунтованому вибору найоптимальнішого варіанту.

Проєктування незалежної системи електропостачання з підвищеними показниками надійності є надзвичайно важливою для безперебійного забезпечення електроенергією житлових об'єктів, які належать до третьої категорії електропостачання. Такі об'єкти можуть отримувати живлення лише від одного джерела електроенергії, за такою умовою, що час відновлення живлення у разі аварії чи ремонту не перевищує 24 години.

У багатьох дослідженнях, розглянутих у вступній частині кваліфікаційної роботи, основний акцент зроблено на оцінці надійності систем генерації, які використовують виключно вітрову або сонячну енергію. Однак недостатньо

розглянуто надійність систем, що комбінують звичні нам джерела енергії, які працюють разом із ВДЕ.

З огляду на це актуальним стає покращення способів аналізу надійності енергокомплексів, які складаються з вітроенергетичні, сонячні, дизельгенераторні установки та системи накопичення енергії.

Мета і задачі дослідження. Основною метою кваліфікаційної роботи є удосконалення технічних засобів і методів оцінки надійності автономних систем генерації на базі відновлюваних джерел енергії, з урахуванням надійності використовуваного обладнання та впливу змін кліматичних умов.

Для досягнення цієї мети потрібно вирішити наступні завдання:

1. Здійснити порівняльний аналіз сучасних автономних систем генерації електроенергії, вказати їхні переваги і недоліки.
2. Необхідно провести всебічний аналіз процесу, враховуючи всі етапи та особливості будівництва автономної системи для забезпечення електропостачання приватного будинку.
3. Дати оцінку необхідних ресурсів, технічних вимог, нормативних актів і можливих перешкод.
4. На основі результатів аналізу необхідно провести детальний розрахунок електричної частини автономної системи, визначивши оптимальні параметри для задоволення потреб будинку в електроенергії.
5. Слід обрати відповідне захисне обладнання, яке забезпечить безпечну і надійну експлуатацію системи, та провести його встановлення відповідно до визначених вимог і стандартів.

Об'єктом дослідження є автономна система електропостачання, яка включає в себе різні елементи, такі як вітроенергетичну установку, фотоелектричні панелі, дизельний генератор та акумуляторні батареї. Ця система використовує відновлювані джерела енергії для забезпечення стабільного постачання електроенергії.

Предметом дослідження є надійність функціонування автономної системи електропостачання, що базується на відновлюваних джерелах енергії.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у впровадженні нової моделі надійності для гібридної системи автономного електропостачання. Ця система складається з вітроенергетичних установок, фотоелектричних панелей та дизельгенераторних установок. Запропонований підхід дозволяє враховувати можливі відмови генеруючих елементів системи, погодні умови та оцінювати обсяги недовідпущеної електроенергії споживачам.

Практичне значення результатів цієї роботи полягає у можливості оцінки надійності та економічної ефективності різних конфігурацій гібридних автономних систем електропостачання, які використовують відновлювані джерела енергії. Це дозволяє приймати оптимальні технічні рішення ще на стадії проектних робіт, забезпечуючи таким чином більш ефективне та надійне електропостачання.

Основні положення та результати досліджень доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції „Світлотехніка й електроенергетика: історія, проблеми, перспективи“, 29-31 травня 2024 року

Структура роботи. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 76 сторінок.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Важливість використання альтернативних джерел енергії

Згідно визначення від Міжнародного енергетичного агентства, до альтернативних відновлюваних джерел відносять сонячну та вітряну енергію, біомаси, а також енергію геотермальних і гідроенергетичних ресурсів, а також біогаз, рідкі біопалива та енергія океану. В Україні терміни «відновлювана енергія» та «альтернативна енергія» часто використовуються як синоніми.

Для забезпечення енергетичної безпеки ПЕК України потрібний комплексний підхід, зокрема активне впровадження екологічно чистих ВДЕ. Найдоступнішим для країни є енергія сонця та вітру, біомаси, водяних потоків, геотермальні та навколишні ресурси. Використання такої енергії з цих відновлюваних джерел стало нагальною потребою, оскільки це сприяє не лише стабільному енергопостачанню, а й розв'язанню екологічних, економічних і соціальних проблем.

Серед альтернативних джерел енергії основне місце займає біомаса, яка включає відходи та продукцію лісового й сільського господарства, спеціально вирощені енергетичні культури та біогаз. У сфері енергозбереження особливий акцент робиться не лише на її ролі у забезпеченні стабільного енергопостачання, а й на зменшенні техногенного впливу на довкілля. Використання біомаси дозволяє скоротити викиди парникових газів 50% до 70% порівняно з викопним паливом, що сприяє поліпшенню екологічної ситуації.

Україна розпоряджається значним потенціалом для виробництва біомаси, яка може бути використана для отримання енергії з відновлюваних джерел. За оцінками вітчизняних фахівців, біомаса, за винятком тієї частки, що задіяна в інших секторах економіки, здатна покрити близько 8–10% загального споживання первинної енергії. Це відповідає приросту внутрішнього видобутку палива приблизно на 20%. За умови активного розвитку галузі, до 2030 року

частка енергії з біомаси може досягти 9–12% від загального обсягу споживання первинних енергоресурсів в Україні.

Основну частину енергетичного потенціалу біомаси генерує сільське господарство: солома зернових культур (23%), кукурудзяні стебла та качани (10%), стебла й лушпиння соняшнику (10%), біогаз із гною (7%), а також біодизель і біоетанол (9%). Біомаса, отримана з продукції українських аграріїв, відкриває широкі можливості для сталого розвитку сільських територій, забезпечуючи дешеву та екологічно чисту теплову енергію. Джерелами такої енергії можуть бути зерно, солома, агропереробні відходи, енергетичні культури та деревина.

Українські фермери фактично мають у своєму розпорядженні альтернативні відновлювані джерела енергії, такі як зернові культури, насіння олійних, цукрові буряки, солома та гній. Це дозволяє не лише задовольняти власні енергетичні потреби, а й допомагати укріпленню енергетичної безпеки держави. Також того, Україна має всі передумови стати ключовим учасником європейського ринку біопалива.

Площі земель, які можуть бути використані для вирощування сировини для біопалива без шкоди для продовольчого виробництва та тваринництва, значно перевищують аналогічні показники в країнах ЄС. Стан сільськогосподарських земель в Україні дозволяє використовувати малопродуктивні або деградовані угіддя для створення швидкоростучих енергетичних плантацій (верба, тополя тощо).

На територіях, забруднених радіацією, можливе вирощування енергетичного ріпаку, оскільки він здатний очищати ґрунт від радіонуклідів, не накопичуючи їх у насінні.

Глобальні ринки біоенергії продовжують розширюватися, що в довгостроковій перспективі сприятиме зростанню цін на сільськогосподарські культури, які використовуються для виробництва енергоресурсів.

Інвестування в сектор відновлюваної енергетики України є вигідним як для самих інвесторів, забезпечуючи стабільний прибуток, так і для країни, сприяючи модернізації електроенергетичної інфраструктури.

В Україні впроваджуються механізми для стимулювання розвитку та використання відновлюваної енергетики, зокрема:

- ✓ *зелений тариф* – спеціальний тариф, згідно якого здійснюється закупівля електроенергії, яка виробляється з *відновлюваних джерел*, діятиме до 1 січня 2030 року;

- ✓ обов'язок оптових постачальників електроенергії викуповувати електроенергію з відновлюваних джерел, якщо вона не була реалізована безпосередньо споживачам або енергорозподільчим компаніям;

- ✓ заборона енергопостачальним компаніям, які використовують власні мережі, відмовляти виробникам екологічно чистої електроенергії в доступі до цих мереж;

- ✓ гарантія повної грошової оплати виробникам відновлюваної електроенергії без взаємозаліків;

- ✓ можливість постачальників електроенергії включати витрати, що виникають через підключення генераторів екологічної енергії до мереж, у свої інвестиційні програми;

- ✓ включення до оптових тарифів витрат на розвиток сектору відновлюваної енергетики.

Україна володіє досить значним науково-технічним потенціалом і має необхідну виробничо-технологічну базу для створення всього технологічного циклу виготовлення обладнання, необхідного для використання ВДЕ. Проте для запуску серійного виробництва таких компонентів на вітчизняних підприємствах потрібен певний час.

Одним із перспективних напрямів розвитку енергетики є скорочення споживання природного газу шляхом заміщення традиційного палива енергією,

отриманою з аграрних відходів і сміттєзвалищ. Такі джерела відновлюваної енергії мають значний потенціал для країни.

За даними Асоціації учасників ринку нетрадиційних типів палива і енергії України, у 2010–2012 роках активний розвиток відновлюваної енергетики сприяв створенню близько 15 тисяч робочих місць. Прогнозується, що протягом найближчих двох років подальший розвиток цієї галузі забезпечить роботою ще 60–70 тисяч осіб.

Питання енергозабезпечення набуває особливої актуальності в умовах виходу України з кризи та прискорення темпів економічного розвитку. У цей період надзвичайно важливо правильно визначити потребу країни в енергоресурсах і знайти ефективні шляхи її задоволення, оскільки прорахунки в цій сфері можуть негативно позначитися на економічному зростанні.

Ключем до стабільного економічного розвитку є підвищення конкурентоспроможності економіки за рахунок суттєвого зниження рівня енергоемності та ресурсозатратності виробництва.

Суспільство може досягти сталого розвитку тільки за умови ефективного використання енергії, що передбачає створення систем, які раціональніше використовують енергоресурси, забезпечуючи той самий або навіть вищий рівень комфорту в транспорті, освітленні та опаленні, але з меншими витратами енергії.

1.2. Гібридні системи та їх конфігурації

Оптимальна конфігурація гібридної енергосистеми, що відповідає вимогам навантаження, повинна обиратися з урахуванням таких критеріїв, як надійність електропостачання та загальна вартість життєвого циклу системи.

До складу таких систем можуть входити джерела теплової енергії, зокрема біогазові установки та сонячні колектори, а також резервні джерела на органічному паливі, наприклад, дизель-генератори. Залежно від типу напруги в

мережі, гібридні системи поділяються на такі, що працюють на постійному, змінному струмі або комбінують обидва типи.

У системах постійного струму всі елементи генерації електроенергії підключені до ліній постійного струму, від яких заряджаються акумуляторні батареї. Для захисту від перезарядження та повного розряду батареї оснащуються спеціальними контролерами. Якщо джерелом електроенергії є пристрої змінного струму (наприклад, вітрогенератори, дизель-генератори), напруга перетворюється на постійну за допомогою конверторів. Споживачі змінного струму підключають через інвертор, а навантаження постійного струму отримують електроенергію безпосередньо.

Основні джерела енергії у системах змінного струму можуть бути підключені безпосередньо до мережі або через перетворювачі, що забезпечують необхідні параметри напруги. таких системах двонаправлений інвертор контролює як зарядку акумуляторів, так і їхню розрядку для живлення споживачів змінного струму. При цьому навантаження постійного струму можуть отримувати електроенергію безпосередньо від акумуляторів.

Залежно від принципу роботи, гібридні системи поділяються на послідовні, комутаційні та паралельні.

У послідовних системах зарядка акумуляторів відбувається за рахунок сонячних панелей або дизель-генератора постійного струму (у разі недостатнього сонячного випромінювання). Електроенергія для споживачів змінного струму подається через інвертор. Робота системи може здійснюватися як автоматично, так і в ручному режимі, за умови що встановлені датчики заряду акумуляторів і контролери дизель-генератора. Така конфігурація є досить простою та широко застосовується. Водночас її недоліками є часті перезарядження акумуляторів, що скорочує їхній термін експлуатації, необхідність використання енергоємніших батарей для зниження глибини розряду і залежність роботи системи від справності інвертора. У разі виходу останнього з ладу електропостачання припиняється повністю.

У комутаційних гібридних системах змінна напруга подається споживачам трьома можливими шляхами. Або через відновлювальні джерела, або генератор змінного струму, чи інвертор з акумуляторами. Заряджання акумуляторів відбувається як через відновлювані джерела, так і через випрямляч від дизель-генератора. Автоматичне керування дозволяє формувати оптимальну конфігурацію системи, яка буде забезпечувати стабільне живлення та підтримувати певний заряд батарей.

Порівняно з послідовними системами, комутаційні гібридні системи мають вищу надійність електропостачання, але водночас є більш складними у реалізації.

В паралельній схемі енергосистеми гібридного типу кожне джерело може незалежно живити споживачів як при середніх так і при малих навантаженнях. За час пікових навантажень система здатна одночасно використовувати всі доступні джерела, що потребує синхронізації форми напруги між інвертором і генератором.

Слід зауважити, що ефективна робота паралельної гібридної системи потребує складного керування. Водночас така конфігурація має значний потенціал для практичного використання, особливо у випадках, коли система включає кілька різних відновлюваних джерел.

З огляду на наведену інформацію, можна виділити основні характеристики гібридних систем, які забезпечують їх ефективність та конкурентоспроможність.:

- широка можливість вибору палива, економічність та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, висока надійність завдяки дублюючим технологіям і системам збереження енергії;
- можливість інтеграції високопродуктивних і ефективних компонентів, таких як охолоджувальні системи? сучасні матеріали та елементи палива;
- одночасне підвищення якості та доступності електроенергії;

- можливість максимального використання відновлюваних джерел залежно від географічного розташування;
- суттєве зниження шкідливих викидів відносно традиційних технологій, які використовують викопні ресурси;
- досягнення оптимальних характеристик при мінімально можливих витратах, що сприяє широкому впровадженню таких систем на ринку.

На рисунку 1.1 представлена схема структури типової гібридної енергетичної системи відкритого контуру, що використовує енергію сонця та вітряну енергію

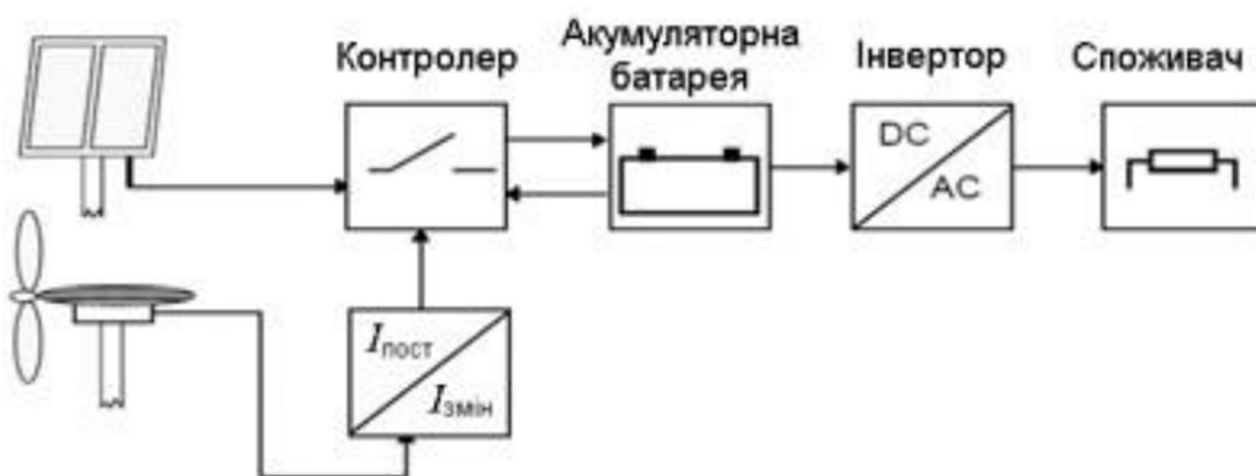


Рисунок 1.1 – Схема структури типової гібридної енергетичної системи, що використовує енергію вітру та сонячну енергію.

До складу такої системи входять сонячні панелі і вітрогенератори. Вітроустановки виробляють змінний струм із варіативною амплітудою та частотою, який може бути перетворений на постійний для зарядки акумуляторів. Контролер виконує функцію захисту акумуляторів, запобігаючи їх надмірному заряду або глибокому розряду. Так як висока напруга сприяє зменшенні втрат в системі, інвертор зазвичай використовується для трансформації низьковольтного постійного струму у високовольтний змінний струм.

Контролер здійснює такі ключові функції:

- збільшення ефективності генерації електроенергії сонячними панелями та вітрогенератором шляхом пошуку й відстеження оптимальної робочої точки (MPPT-алгоритм);

- накопичення електроенергії в акумуляторах для забезпечення стабільного та безперервного функціонування;
- керування процесами заряду та розряду батарей;
- захист вітрового генератора від перевищення допустимих обертів шляхом підключення фіктивного навантаження;
- запуск або підключення до мережі (за можливості) дизель-генератора, коли відновлювані джерела не можуть виробити достатньо енергії;
- збір та збереження даних про рівень сонячного випромінювання, включаючи максимальні, мінімальні та середньорічні значення сонячної радіації.

Схема структури стандартної гібридної енергетичної системи, що поєднує використання сонячної та гідроенергії, зображена на рисунку 1.2.

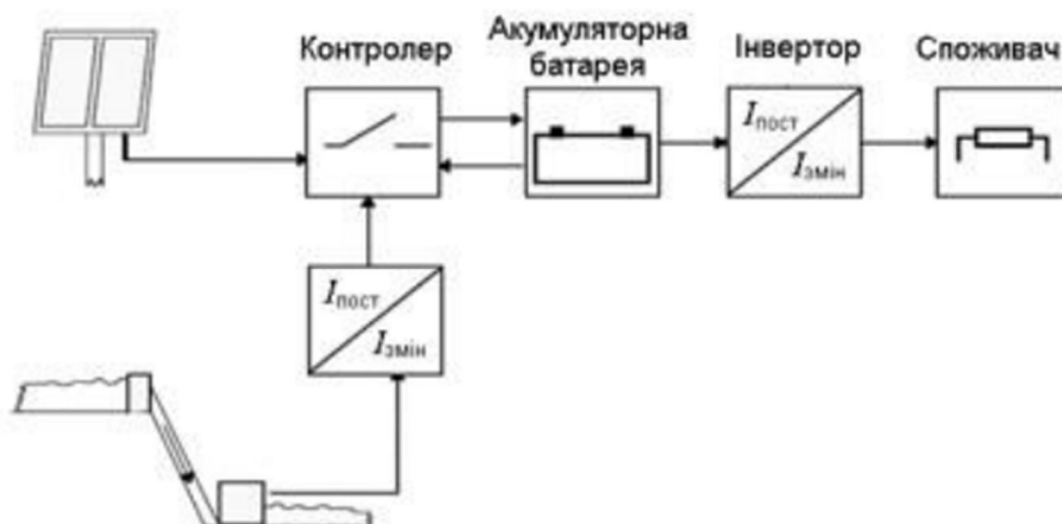


Рисунок 1.2 – Схема структури типової гібридної енергетичної системи, що базується на використанні сонячних та гідроенергетичних джерел.

Джерелом гідроенергії в даній системі виступає невеликий резервуар для акумулювання води. Місце розташування системи визначається географічними умовами та наявністю природних водойм, які розташовані на значній висоті. Потужність системи визначається від об'єму води та рівня сонячного випромінювання.

На рисунку 1.3 представлено структурну схему іншої гібридної енергетичної системи, яка працює на основі генератора, енергії сонця та біопалива.

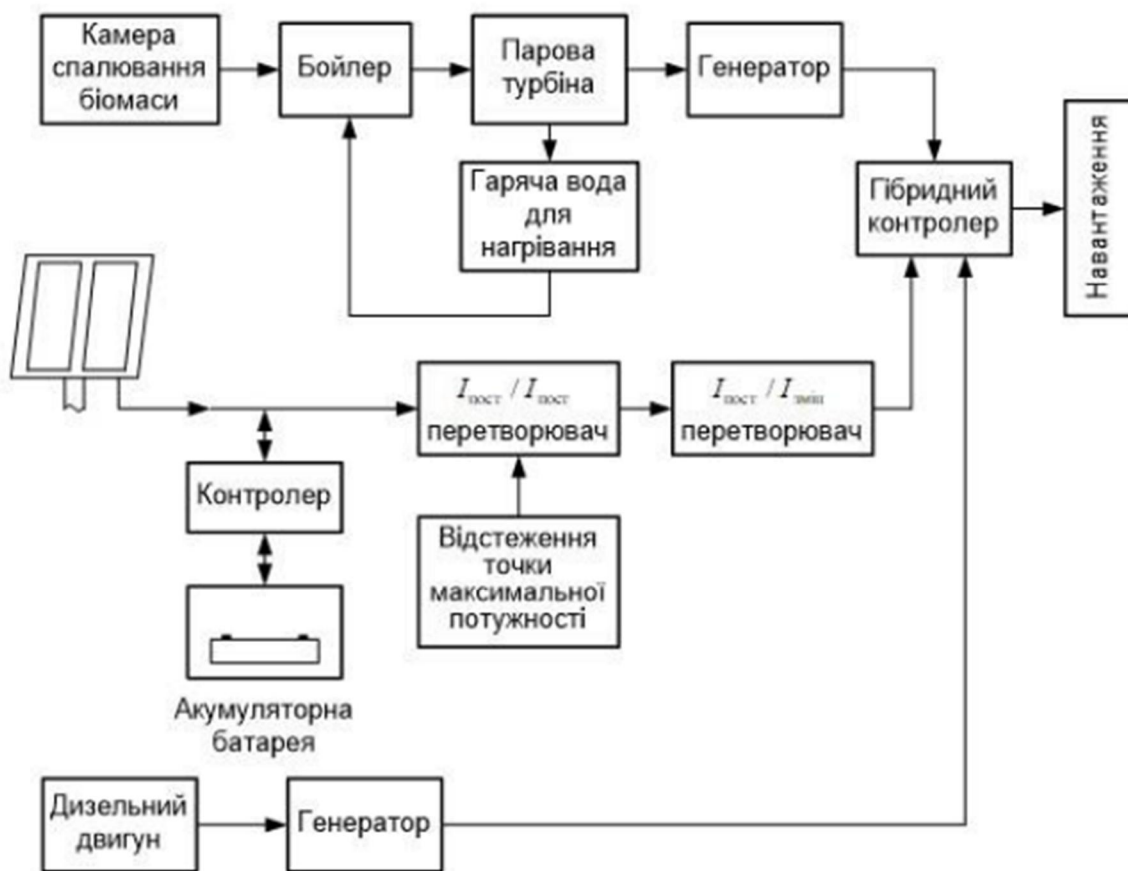


Рисунок 1.3– Схема структури типової гібридної енергетичної системи, що базується на використанні енергії біопального, генератора та енергії сонця.

У цьому випадку біопаливом слугують різноманітні органічні відходи, зокрема, висушені дерева, гілки, скошена трава, залишки аграрних культур, деревна стружка, кора, тирса з лісопилень, а також відпрацьовані шини та інші подібні матеріали. Як було зазначено раніше, дизель-генератор у такій системі виконує роль резервного джерела живлення, активуючись у періоди пікового навантаження.

Керування всіма джерелами здійснює контролер гібридного типу, що регулює енергетичний баланс, адаптуючись до змін у навантаженні, та визначає пріоритетність використання різних джерел енергії.

Основні функції гібридного контролера включають:

- подачу живлення до споживачів від найбільш оптимального джерела енергії, яке може забезпечити необхідні потреби в електроенергії;
- синхронізацію напруги між різними джерелами енергії. Наприклад, якщо миттєва напруга від сонячних панелей відрізняється від напруги, отриманої з біопалива, це може викликати циркуляцію локальних потоків потужності, що потребує корекції.

Схема структури стандартної гібридної енергетичної системи, яка використовує фотоелектричну та теплову сонячну енергію разом із підключенням до електромережі, представлена на рисунку 1.4.

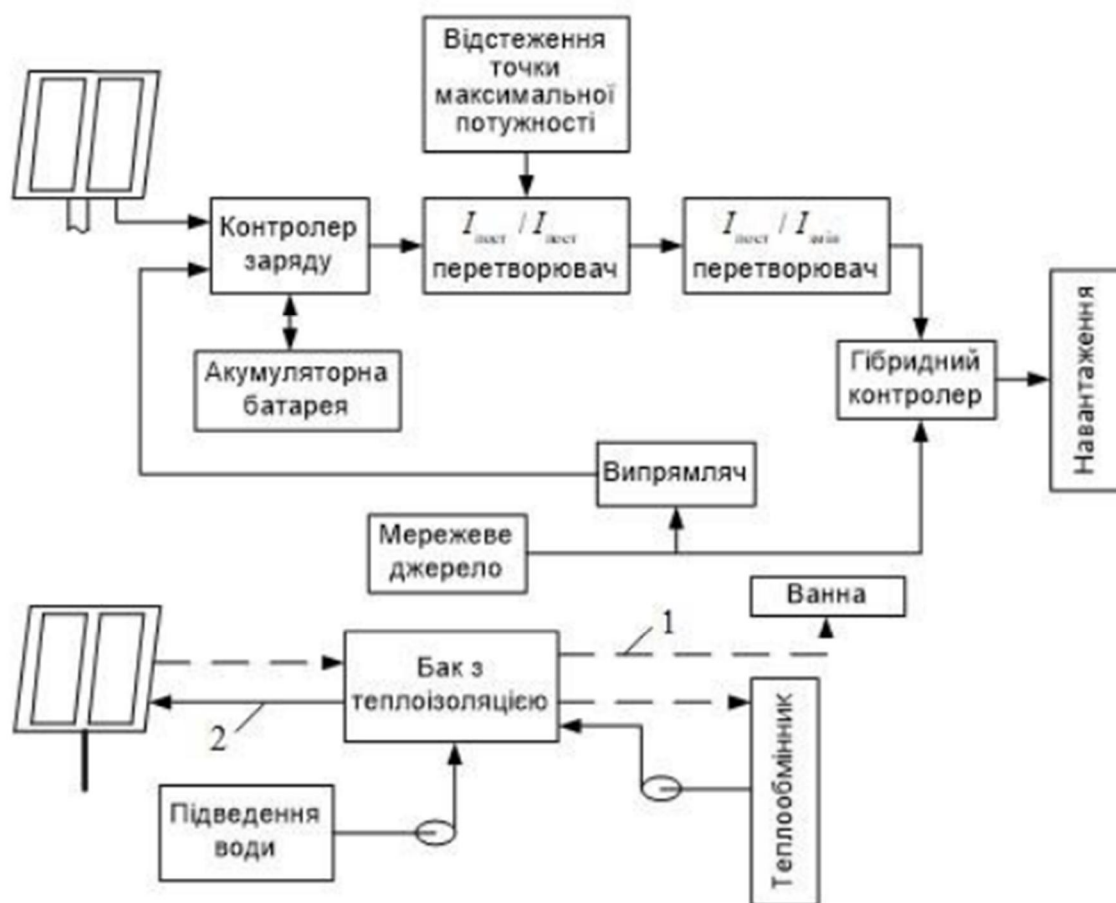


Рисунок 1.4 – Схема структури типової гібридної енергетичної системи, що базується на використанні електричних мереж, теплової сонячної енергії та енергії сонячних панелей: 1 – вода високої температури; 2 – вода низької температури.

Тепло від сонця наразі є одним із найдоступніших і найефективніших джерел відновлюваної енергії, що широко застосовується для підігріву води в житлових будинках та комерційних об'єктах, таких як басейни, автомийки та пральні. Крім того, звичайні сонячні плити та печі широко використовуються як у побутових умовах, так і на професійних кухнях.

Гібридний контролер у цій системі забезпечує синхронізацію роботи всіх джерел енергії відповідно до раніше описаних принципів. Така система є ефективною в місцевостях, де сонячне випромінювання є основним енергетичним ресурсом, а альтернативні джерела, зокрема вітер, хвильова або припливна енергія, мають недостатній потенціал, і використання викопного палива є економічно недоцільним.

Процес визначення оптимальних розмірів елементів такої системи є ключовою задачею. Основний підхід до її вирішення полягає в мінімізації витрат на систему при забезпеченні її стабільності, що реалізується за допомогою методів штучного інтелекту.



Рисунок 1.5 – Гібридна енергетична система “VS-1.1”

Ця установка, відома як "VS-1.1", поєднує вітроенергетичний модуль та комбінований вертикально-осьовий ротор Дар'є–Савоніуса, сонячні панелі, енергозберігаюча система на основі акумуляторів та систему контролю. Це

дозволяє забезпечити ефективну роботу гібридної енергетичної системи, використовуючи різні джерела енергії та забезпечуючи стабільне енергопостачання.

Енергетична система є абсолютно незалежною, не вимагає постійного нагляду та обслуговування під час експлуатації. Її габарити складають 2.4 м у ширину та 2 м у висоту. Вітрогенератор оснащено ротором, виготовленим із скловолокна та алюмінію.

Будова вітроустановки передбачає прямий привід ротор-генератор, що підвищує її надійність та спрощує будову. Комбінований ротор дає змогу ефективно працювати навіть при невисоких вітрових поривах вітру (від 2 м/с).

Таблиця 1.1 – Робочі характеристики гібридної енергетичної установки

Характеристика	Од. <u>вим.</u>	Значення
Номінальна потужність	Вт	2000
Максимальна потужність	Вт	2200
Максимальна вихідна напруга генератора	В	~60
Робоча швидкість вітру	м/с	6-14
Стартова швидкість вітру	м/с	2
Робочий діапазон швидкостей вітру	м/с	4-30
Вага	кг	90
Строк експлуатації	років	20

Графік взаємозв'язку потужності системи з швидкістю вітру наведено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Діаграма взаємозв'язку потужності енергетичної установки від швидкості вітру.

1.3 Висновки до розділу 1

Враховуючи міжнародний досвід, для заохочення інноваційного розвитку у сфері відновлюваної енергетики необхідно:

1. Створити програму на державному рівні що відповідатиме за розширене впровадження ВДЕ, спрямовану на зменшення викидів CO₂ та покращення екологічної ситуації. Визначити стратегічні параметри та основні характеристики продукції ВДЕ на державному рівні.

2. Встановити реальні цільові показники розвитку ВДЕ, щоб забезпечити оптимальний баланс між виробництвом відновлюваної та традиційної енергії для кожного регіону України. Врахувати потенціал ВДЕ та передбачити заходи підтримки.

3. Ідентифікувати регіони з найсприятливішими умовами для економічно ефективного розвитку ВДЕ. Це допоможе створити нові робочі місця, підвищити рівень зайнятості населення та збільшити податкові надходження до місцевих та державних бюджетів.

4. Впровадити державне замовлення як стимулюючий механізм стимулювання вітчизняних виробників до інвестицій у сферу ВДЕ. Це дозволить зменшити фінансові та ринкові ризики інвесторів, спростити процес проектування та зекономити час і ресурси.

5. Створити міжвідомчу координаційну структуру для управління розвитком відновлюваної енергетики на національному та регіональному рівнях. Ця структура має відповідати за вдосконалення чинних нормативних актів і розробку нових регуляторних документів для підтримки галузі.

6. Розглянути гібридні енергетичні системи на основі ВДЕ як ефективне рішення для децентралізованого електропостачання у сільській місцевості та віддалених районах. Такі системи також дозволять ефективно акумулювати надлишки електроенергії та зменшувати пікові навантаження, що в залежності від кількості секції та відходящих ліній (фідерів).

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення параметрів автономного енергоспоживання

Проектований об'єкт – це малоповерховий житловий будинок, обладнаний усіма необхідними зручностями. Він розташований у місті Підгородне, Дніпропетровської області, у зоні помірно-континентального клімату, що характеризується різкими змінами погоди та чітко вираженими сезонами року.

Розрахунок пікового споживання енергії для промислового об'єкта є досить простим, оскільки заздалегідь відомі потужність і графік роботи кожного пристрою. Однак для приватного споживача складання графіка енергоспоживання та визначення пікової потужності є більш складним завданням через непередбачуваний характер використання електроприладів. Тому кожен розрахунок виконується індивідуально, з урахуванням певних припущень і наближень.

2.2. Розрахунок пікової потужності

Щоб визначити загальну пікову потужність, складається таблиця, до якої вносяться всі електроприлади, що використовуються в будинку, із зазначенням їхньої потужності (P_i , Вт). У ній також враховується ймовірність увімкнення кожного приладу в різні періоди доби: вранці, вдень, увечері та вночі.

Дані про миттєве енергоспоживання (P_P , P_D , P_B , P_N) підсумовуються для кожного періоду, що дозволяє визначити максимальне навантаження у конкретний час доби. Ці результати використовуються для подальших розрахунків номінальної потужності інвертора (P_I).

$$P_i > \max(P_p, P_d, P_b, P_n), \text{ Вт}$$

2.3. Розрахунок добового енергоспоживання

Тривалість роботи кожного електроприладу протягом доби фіксується у відповідній таблиці. Для кожного приладу визначається загальна кількість енергії, яку він споживає за день, шляхом множення його потужності на час роботи.

Сума енергоспоживання всіх приладів за добу (WДОб) визначає загальну кількість електроенергії, необхідної для будинку:

$$W_{доб} = P_i \sum T_i \text{ Вт} \cdot год$$

де T_i – загальний час роботи приладу за добу.

Ці дані надалі використовуються для розрахунку номінальної потужності автономної енергосистеми та ємності акумуляторних батарей.

2.4. Вибір оптимальної системи електропостачання з використанням альтернативних джерел енергії

Розглянемо ситуацію, коли заміський будинок не має можливості підключення до лінії електропередачі (ЛЕП) або ж вартість підключення до централізованої мережі є надто високою. У такому випадку варто проаналізувати два варіанти: підключення до ЛЕП чи організацію автономної системи електропостачання.

При підключенні до централізованої електромережі необхідно враховувати такі аспекти:

- оплата підключення до мережі,
- витрати на прокладання низьковольтної ЛЕП, які можуть становити від 10 000 до 17 000 доларів США за кожен кілометр, залежно від регіону,
- щомісячна оплата електроенергії відповідно до тарифів постачальника.

Якщо поруч є кілька домоволодінь, можливо розділити витрати на будівництво ЛЕП, що зменшить фінансове навантаження. Однак, якщо проводити всі роботи самостійно, сума може бути значною.

Альтернативним рішенням є створення автономної системи електропостачання. Основні переваги цього варіанту:

- відсутність витрат на підключення до ЛЕП та прокладання лінії,
- незалежність від тарифів на електроенергію.

Водночас автономна система вимагає обслуговування та періодичних ремонтних робіт. Це особливо актуально для дизельних або бензинових генераторів, що використовуються як основне або резервне джерело живлення. Також необхідно слідкувати за станом акумуляторних батарей. Найменше догляду потребують сонячні панелі.

Якщо ЛЕП розташована надто далеко і її підключення є неможливим або економічно не вигідним, доцільно встановити систему на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Для вибору оптимального варіанту слід врахувати природні особливості місцевості. Якщо регіон характеризується великою кількістю сонячних днів, сильними вітрами або наявністю поруч швидкої річки чи греблі, використання ВДЕ може виявитися більш рентабельним, ніж підключення до ЛЕП.

Серед доступних варіантів автономного електропостачання можна розглянути такі системи:

- сонячні панелі,
- вітроенергетичні установки різної потужності,
- мікроГЕС,
- термоелектричні генератори (для живлення освітлення та побутових приладів).

Таким чином, вибір системи електропостачання залежить від фінансових можливостей, місцевих умов та потреб власника будинку.

Варіанти автономного електропостачання будинку

Перший варіант

Якщо електромережа повністю відсутня і її підключення є неможливим або економічно не вигідним, можна організувати автономну систему електропостачання, що складатиметься з таких основних компонентів:

- джерела безперебійного живлення (ДБЖ) з вбудованим контролером заряду та акумуляторною батареєю (АБ);
- бензиновий електрогенератор 1-3 кВт (як резерв);
- сонячних панелей (фотоелектричних батарей, ФЕБ) або вітроенергетичної установки (ВЕУ).

Другий варіант

Якщо в місцевості присутній значний перепад висот чи швидкий водотік, доцільно розглянути можливість встановлення мікро ГЕС.

Ця система має додаткову перевагу завдяки включенню до її складу резервного бензоелектричного генератора, який виконує декілька функцій:

- забезпечує резервне живлення у разі потреби;
- дозволяє прискорено заряджати акумулятор у випадку його критичного розряду, працюючи при цьому на оптимальному навантаженні для зменшення витрат пального;
- надає можливість короткочасного живлення електроприладів з високою потужністю споживання, безпосередньо під час роботи генератора.

За відсутності централізованого електропостачання або неможливості підключитися до електромережі можуть бути застосовані автономні системи електропостачання. Відсутнє централізоване електропостачання або неможливо підключитися до електромережі. Також вони можуть використовуватися як резервні системи живлення.

В якості автономних джерел енергії для житлових будинків можуть використовуватися:

- дизельні генератори потужністю 2 – 16 кВт;
- вітрогенератори потужністю 0.5 – 16 кВт;
- фотоелектричні модулі потужністю до 5 кВт;
- малі гідроелектростанції від 1 до 50 кВт.

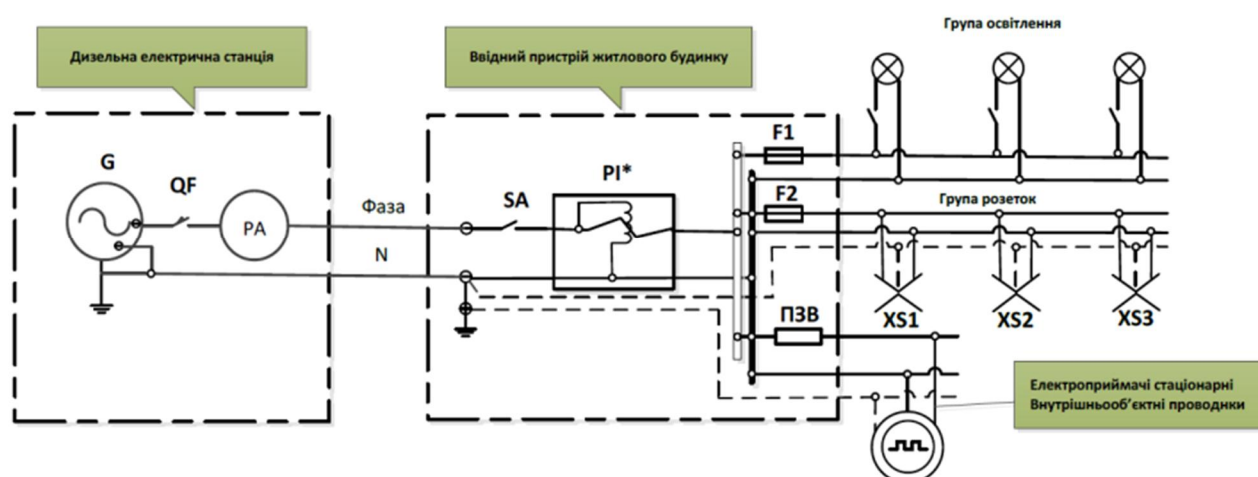
Самостійні електричні системи зазвичай забезпечують електропостачання з напругою 220 / 380 В.

2.5 Системи електропостачання на основі дизельгенераторів

В автономних енергосистемах широко застосовуються стаціонарно розміщені дизельні генераторні установки з місцевим управлінням, які розташовуються в спеціально відведених приміщеннях. Потужність агрегата визначається відповідно до розрахункового електричного навантаження будівлі. Залежно від конструкції, запуск генератора може здійснюватися вручну за допомогою тросового механізму або пускового пристрою. У разі стартера передбачається наявність акумуляторної батареї.

Вітчизняна промисловість випускає трифазні електроагрегати з потужністю 8 і 16 kVt , а також налагоджено виробництво однофазних агрегатів на 4 kVt . Генератори випускаються у переносному виконанні з ізолюваною нейтраллю, однак при стаціонарному монтажі необхідно виконати їх заземлення, відключити ізоляційний пристрій і перевірити коректність роботи.

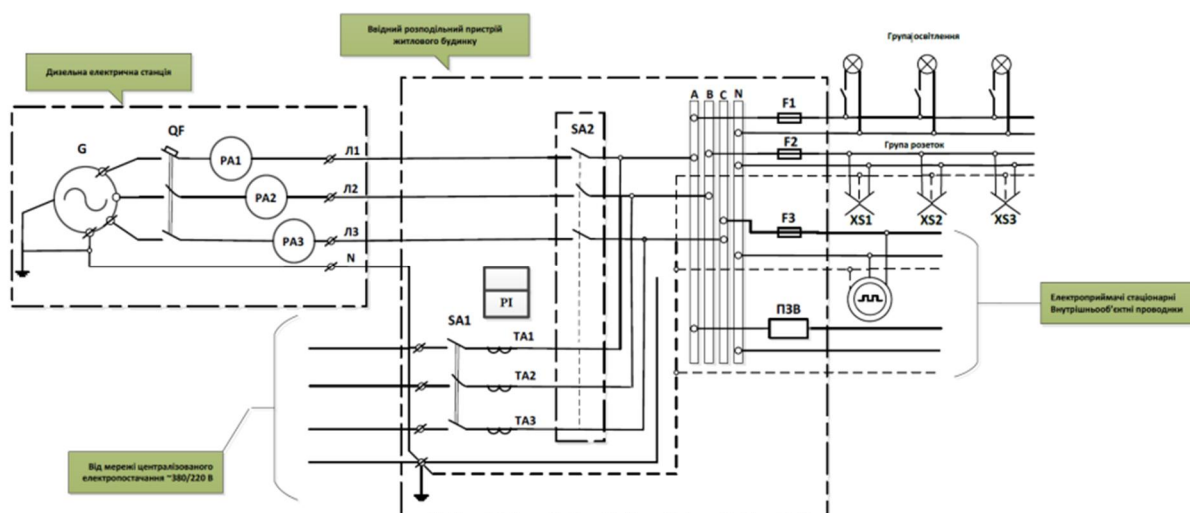
Захист дизельного генератора від несправностей та перевантажень забезпечує автоматичний вимикач або спеціалізована електронна система моніторингу із максимальним захистом.



G – генератор; QF – автоматичний вимикач; PA – амперметр; SA - пакетний вимикач; PI – лічильник активної енергії; F1, F2 – запобіжники; ПЗВ - пристрій захисного відключення

Рисунок 2.2 – Схема живлення житлового приміщення від електростанції дизельного типу з напругою 220 В.

Щодо централізованого електропостачання, то у випадку його відсутності користувач може вести облік спожитої електроенергії на власний розсуд. Якщо ж дизельний генератор використовується як РДЖ при підключенні до електромережі, схема електропостачання повинна містити ручний перемикач S-42. Це унеможливило подачу електроенергії одночасно від генератора та загальної електромережі. Для обліку споживання електроенергії з централізованої мережі використовується лічильник, що вимірює активну енергію, та розміщений на головному розподільному щиті будівлі.

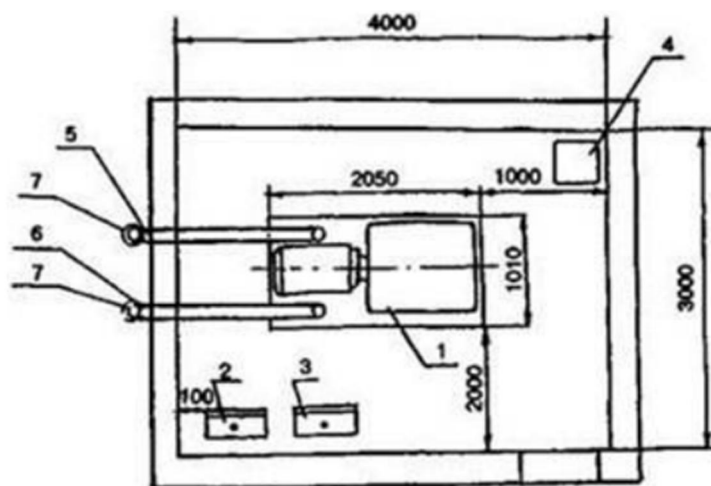


G – генератор; SA1 - пакетний вимикач; SA2 - перемикач пакетний; PI – лічильник активної енергії; F1-F3 – запобіжники; PA1-PA3 – амперметри; ПЗВ - пристрій захисного відключення; QF – автоматичний вимикач.

Рисунок 2.3 – Схема живлення житлового приміщення від електростанції дизельного типу з напругою 380/220 В.

Дизельний генератор розміщується в приміщеннях, які за пожежною класифікацією належать до категорії «Г» та відповідають I та II ступеню вогнестійкості. У приміщенні передбачається примусова вентиляція для відведення чадного газу та охолодження обладнання влітку, система опалення для підтримки температури не нижче $+8^{\circ}\text{C}$, пожежна сигналізація, а також основне та аварійне освітлення.

Для зручності експлуатації в приміщенні встановлюються шафа з пристроєм заряду і витяжкою, система керування вентиляцією, а також паливний резервуар для палива. Генератор має повітрязабірники для подачі повітря до двигуна та систему виведення вихлопних газів з приміщення. Стартерна акумуляторна батарея та системи керування розміщуються безпосередньо на рамі агрегату.



1 – дизельний електроагрегат; 2 – шафа з витяжкою для обслуговування акумуляторних батарей; 3 - шафа керування припливно-витяжною вентиляцією; 4 – бак палива; 5 - газовихлопний трубопровід; 6 - повітрязабірний трубопровід; 7 – глушники

Рисунок 2.4 - Дизельний генераторний агрегат (ДЕС)

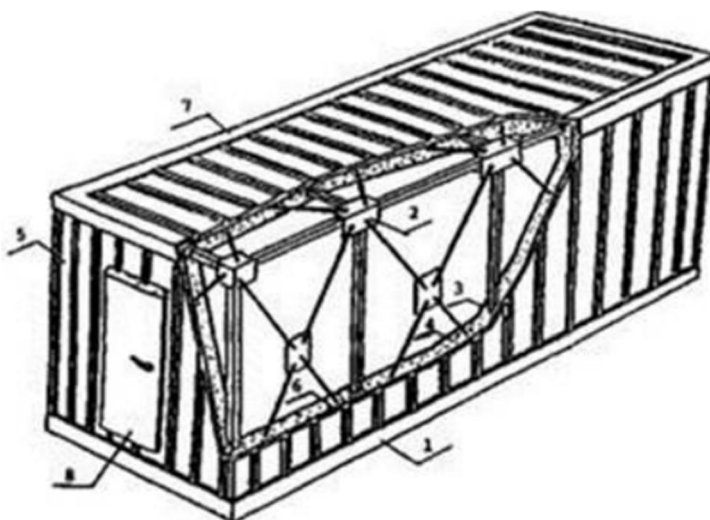


Рисунок 2.5 – Зразок ДЕС, виконаного на основі блок-контейнера.

Для розміщення автономних джерел електроенергії використовується блок-контейнер. Спеціальне призначення таких застосовується для дизель-генераторних станцій потужністю від 8 до 200 кВт і додаткового устаткування. Така конструкція гарантує стабільну роботу навіть в перепаді температур від -60°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Блок-контейнер має прямокутну форму, оснащений дверима, отворами для кабелів, вентиляційними каналами та системами кондиціонування. Внутрішній простір контейнера поділяється на окремі приміщення за допомогою перегородок. У разі необхідності контейнер можна оснащувати автоматизованою системою для забезпечення життєдіяльності, яка включає опалення, вентиляцію, кондиціонування, освітлення (основне й аварійне), охоронно-пожежну сигналізацію та систему автоматичного пожежогасіння.

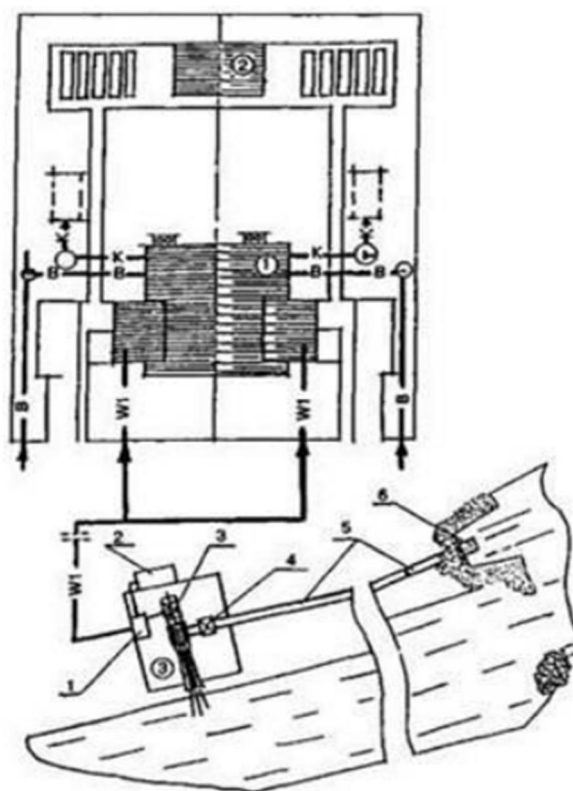
2.6 Забезпечення житлового будинку електроенергією за допомогою мікро ГЕС

Мікрогідроелектростанції (мікро ГЕС) потужністю до 50 кВт зазвичай використовують як незалежні джерела електроенергії для енергозабезпечення приватних житлових будинків, фермерських господарств, хуторів та сіл, що знаходяться біля малих річок, ставків чи інших водойм, які не є частиною енергетичних водосховищ, у разі відсутності централізованої електромережі.

Якщо мікро ГЕС розташовується на рівнинній території, необхідно спорудити греблю, яка створює достатній рівень водяного напору для функціонування турбіни. У місцевостях із природним ухилом рельєфу не менше 0,04 можна застосовувати дериваційний трубопровід, що дозволяє частково відводити воду від загального русла такого обсягу, якого буде необхідно для функціонування турбіни.



Рисунок 2.6 – Приклад використання мікро ГЕС використовуючи Нахил водного потоку.



1 – блок системи регулювання; 2 - пристрій баластного навантаження; 3 – гідроелектричний агрегат; 4 - запірна засувка; 5 - підвідний трубопровід; 6 – водозабірний пристрій. К – каналізаційна мережа; В – водопровідна мережа; W1 – повітряна або кабельна лінія напругою до 1 кВ. (1) – житловий будинок; (2) - госпблок; (3) - будівля мікро ГЕС

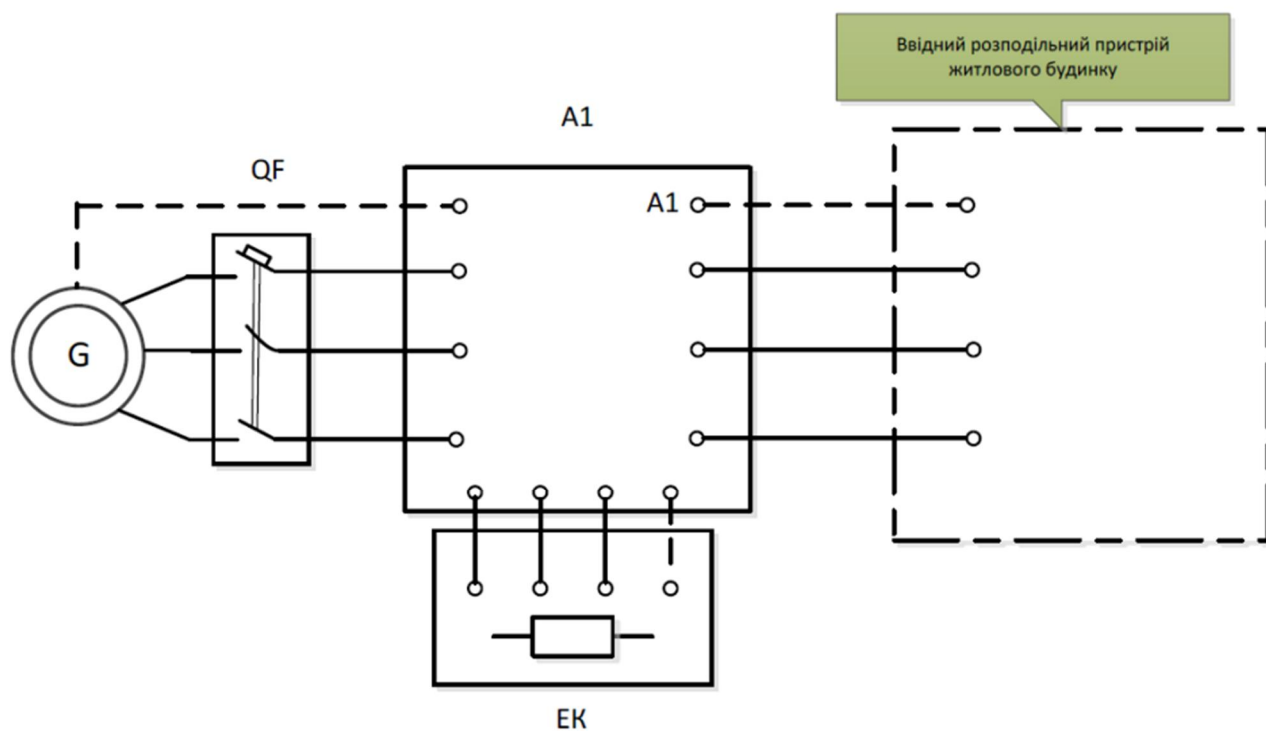
Рисунок 2.7 – Схема розташування дериваційного типу мікрогідроелектростанції.

Рекомендується встановлювати мікро ГЕС на відстанні, яка не перевищує 1 км від житлового будинку, номінальна напруга якого складає 400 В змінного струму та частотою 50 Гц. Якщо ця відстань перевищена, потрібно збудувати трансформаторну підстанцію з 6–10 / 0.4 кВ.

Устаткування знаходиться в особливому приміщенні що закривається та яке знаходиться під захистом його від опадів і сонячного випромінювання.

Коли робота мікро ГЕС залежить від погодних умов та змін рівня води упродовж року, рекомендується передбачити резервне джерело живлення для забезпечення стабільного електропостачання.

Серед основних переваг мікро ГЕС можна виділити їхню екологічність і можливість функціонувати автономно.



G – генератор; QF – вимикач автоматичний; A1 – блок системи регулювання; ЕК - баластне навантаження

Рисунок 2.8 – Схема функціонування мікрогідроелектростанції.

Вода надходить до турбіни через напірний трубопровід, приводячи її в рух. Обертання турбіни передається ротору генератора, який розташований на її валу. Генератор з'єднаний зі споживчою електромережею через регулюючий

блок, що керує розподілом електроенергії та підключенням навантаження баласту.

Така система зображена у вигляді повітряних трубчастих електронагрівачів (ТЕНів), які забезпечують узгодження енергетичних режимів.

Для захисту генератора від перевантаження та коротких замикань використовується автоматичний вимикач, встановлений у трифазну мережу.

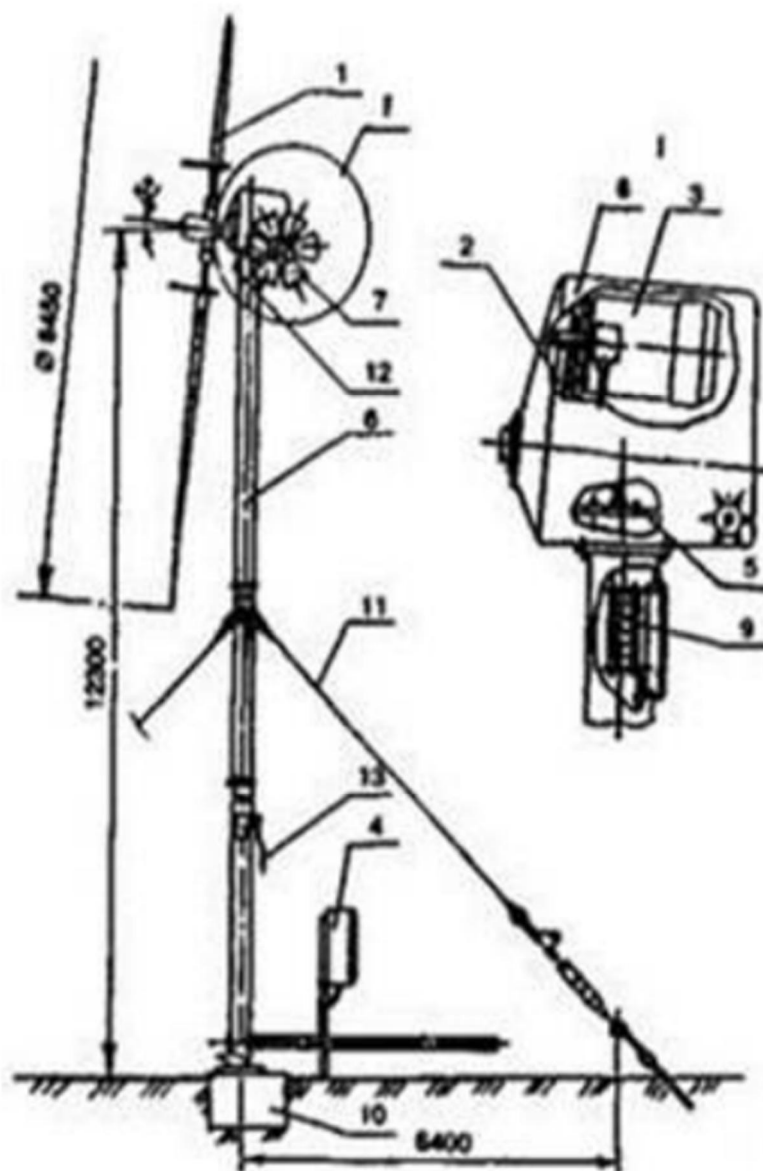
2.7 Забезпечення житлового будинку електроенергією на базі вітроенергетичних установок

Вітроенергетичні установки (ВЕУ) рекомендовано використовувати для в місцях, де середня річна швидкість вітру становить не менше 5 м/с . Вітроагрегати до будинку повинні бути розташовані на відстані не менше $30 - 40 \text{ м}$. Для забезпечення безперебійного живлення під час відсутності вітру складу ВЕУ включають резервне джерело – дизельний генератор.

У даній схемі ВЕУ автономне джерело електроенергії з'єднується з розподільним щитом на 0.4 кВ через керуючий блок та регулювальні кабелі. Акумулятор підключається до розподільного щита 0.4 кВ через понижувальний трансформатор і випрямляч. Інвертор використовується для перетворення постійного струму акумулятора на змінний ($220/380 \text{ В}$)..

Через пакетний перемикач здійснюється перемикання на резервний дизельний генератор. Зайва електроенергія, згенерована у періоди низького споживання (наприклад, уночі), може використовуватися для підігріву води.

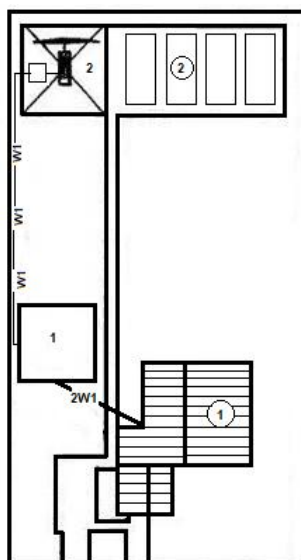
За наявності вітру обертання вітроколеса передається на ротор генератора через вхідний вал мультиплікатора. Струмознімач, встановлений усередині вежі, передає вироблену електроенергію через кабелі до керуючої частини.



1 - вітроколесо; 2 – мультиплікатор; 3 – генератор; 4 – блок регулювання; 5 – редуктор віндрозний; 6 - вежа; 7 - віндрози; 8 – кожух; 9 - струмознімач; 10 – фундамент; 11 - розчалки; 12 - штормова лопатка; 13 – рукоятка

Рисунок 2.9 – Схема ВЕУ.

На фундаменті вітроагрегат монтується, а розтяжками додатково фіксується. Автоматичне орієнтування вітроколеса за напрямком вітру здійснюється віндрозним редуктором, на вежі якого закріплене зубчате колесо, а рухома (корпус редуктора) обертається віндрозами. Поворот припиняється, коли вісь обертання вітроколеса співпадає з орієнтацією вітру.



1 – вітроелектричний агрегат; 2 – блок регулювання; W1 – повітряна або кабельна лінія напругою до 1 кВ. (1) – одноквартирний житловий будинок; (2) – будівля енергетичного блоку

Рисунок 2.10 – Зразок схеми розміщення БЕУ.

Вітротурбіна та блок управління (БУ) розміщуються на прибудинковій території від житлового будинку на відстані не менше ніж 30 м. БУ встановлюється на стійках біля БЕУ, тоді як решта обладнання (інвертор, випрямляч, акумуляторні батареї тощо) розміщується в енергетичному блоці разом із резервним дизельним генератором.

Кабельна лінія між блоком управління та енергетичним блоком прокладається на глибині 0,7 м або ззовні уздовж огорожі в трубах.

До будинку передбачено дві повітряні лінії: одна живить внутрішню електромережу, а інша від водонагрівача. Ці лінії виконуються з використанням ізольованих проводів, а мінімальна висота їх прокладання над пішохідними доріжками має бути 3,5 м.

Тип і переріз проводів слід підбирати відповідно до вимог нормативних документів щодо електропостачання приватних житлових будинків. Введення електромережі до будинку та енергетичного блоку здійснюється через трубостійки, приклади яких описані у відповідних розділах ДЕС.

Акумуляторні батареї в енергетичному блоці встановлюються на стелажах у спеціально відведеному приміщенні, з вентиляцією. Об'єм батарей має забезпечувати автономне електропостачання будинку протягом щонайменше трьох годин.

2.8 Забезпечення житлового будинку електроенергією за допомогою сонячних електростанцій

Такі станції використовуються для автономного електропостачання, включаючи освітлення та живлення побутових приладів. Рівень сонячного випромінювання та кліматичні умови впливають на їхню ефективність, зокрема географічне розташування та кількість днів з сонячною погодою на рік. Сонячна енергія є стабільним джерелом, проте через обертання Землі її надходження змінюється протягом року, сезону та доби.

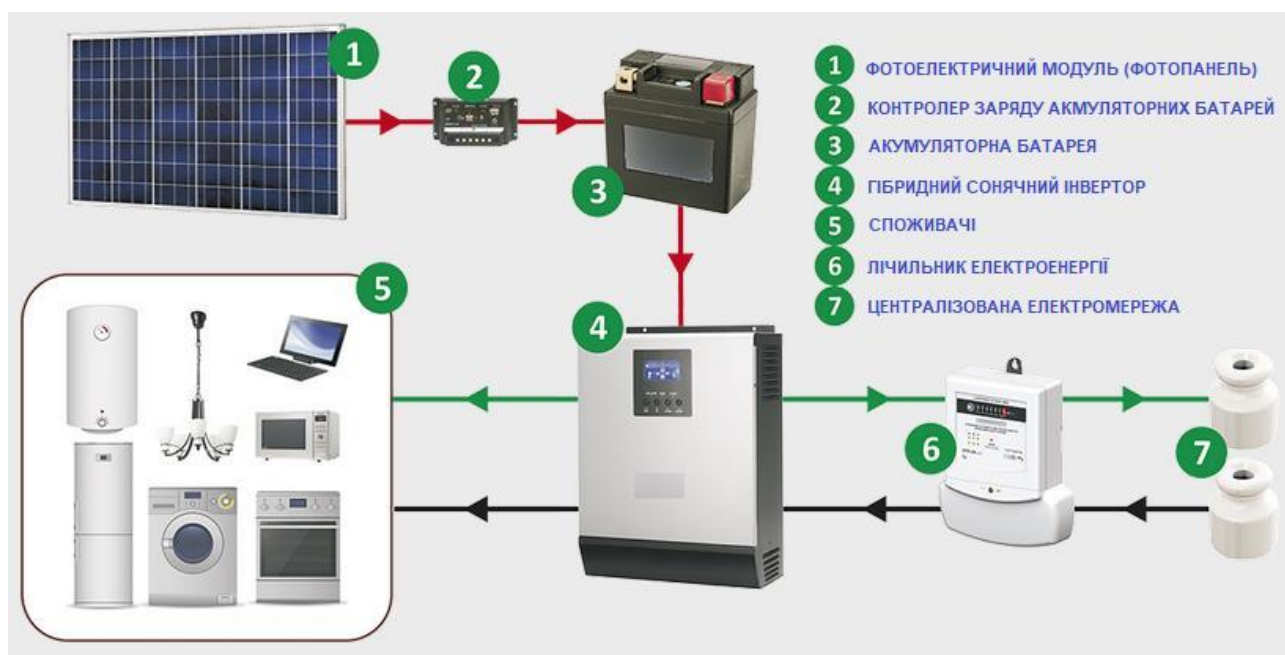


Рисунок 2.11 – Компоненти, що входять до складу фотоелектричної станції.

Враховуючи, що СЕС не виробляє електроенергію вночі, то при їх виборі як основного джерела електропостачання необхідно зважати на циклічність роботи. Доцільним є використання СЕС як додаткового джерела у випадках

наявності централізованого електропостачання або автономних систем, що працюють на дизельних генераторах.

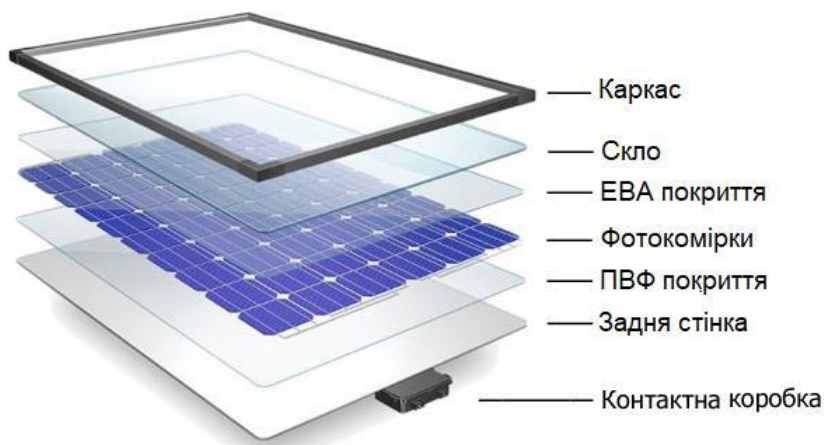
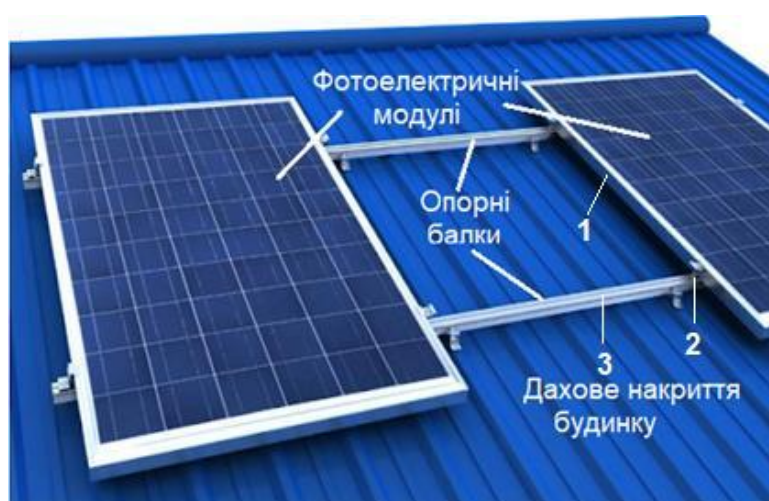


Рисунок 2.12 – Вміст фотоелектричного модуля.

Оптимальне розміщення СЕС – у відкритій місцевості з максимальною сонячною інсоляцією. Комплект станції включає сонячні панелі, інвертор, акумулятори та контролер заряду.

Основним елементом СЕС є сонячна панель, яка з'єднана складається з фотовольтаїчних панелей. Модуль знаходиться в алюмінієвій рамці, та покритий скляною плитою, під якою розташовані герметично запаковані сонячні елементи, з'єднані металевими шинами. Панель також оснащена діодним блоком із контактами для підключення.



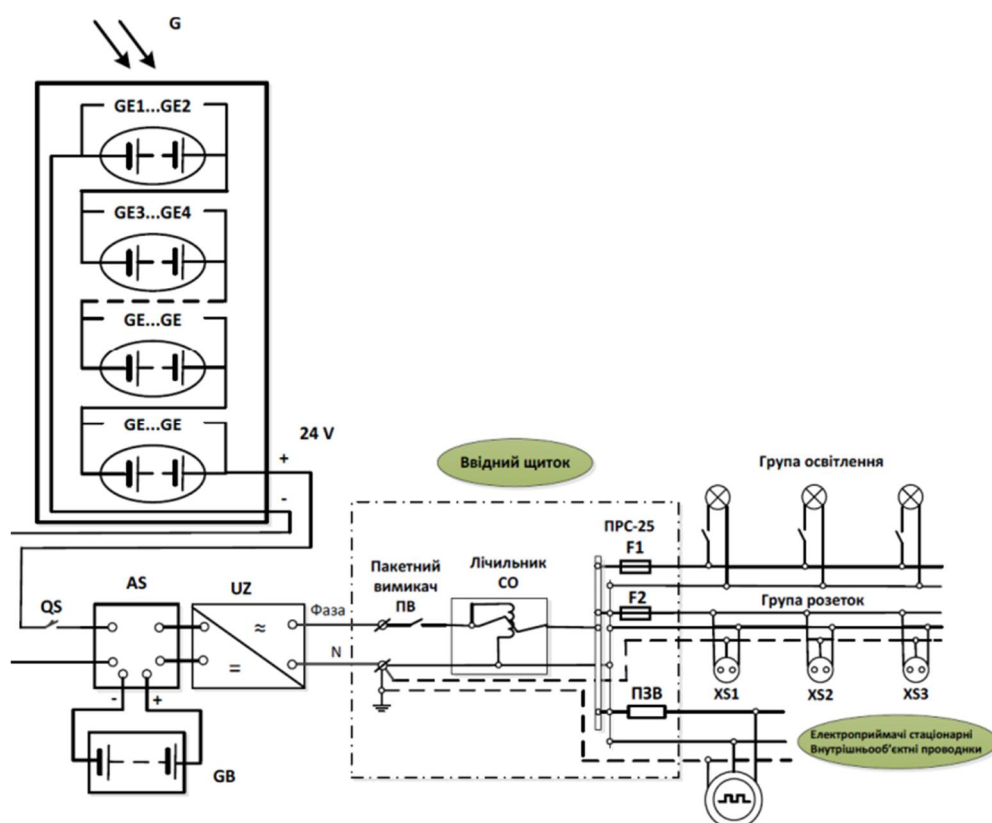
1 – фотоелектричний модуль; 2 – опорні балки; 3 – покрівля

Рисунок 2.13 –Монтаж панелей на похилій площині.



Рисунок 2.14 – Каркас для кріплення сонячних панелей на горизонтальному даху житлового будинку.

Монтаж на даху робиться за допомогою опор. У випадку крутих схилів використовуються балки з алюмінієвого профілю, а для плоских дахів передбачені регульовані опори, кут нахилу панелей яких можна змінювати.



G - сонячна батарея; GE - фотоелектричний модуль; GB - акумуляторна батарея; QS - вимикач; AS - зарядний пристрій; UZ – інвертор

Рисунок 2.15 - План електропостачання, що базується на сонячній фотоелектричній установці.

Робота СЕС має циклічний характер із добовим періодом. Потужність станції визначається з урахуванням пікового споживання електроенергії протягом півгодини вдень, а також потреби у заряді акумуляторів для забезпечення енергопостачання вночі. Контролер заряду регулює процеси заряджання та розрядження акумуляторів, запобігаючи перевантаженню.

Панелі виробляють постійний струм, у змінний з напругою 220 В та частотою 50 Гц його перетворює інвертор. Вибір інвертора визначає основні параметри всієї системи: вихідну напругу панелей, напругу акумуляторів, характеристики зарядного пристрою, а також необхідний переріз проводів і кабелів.

2.9 Висновки до розділу 2

1. Розроблено кілька варіантів систем електропостачання для житлового будинку, де кожен варіант ретельно проаналізовано щодо його переваг та недоліків. Це дозволило визначити найефективніші та найекономічніші рішення для забезпечення надійного електропостачання.

2. Окремо розглянуто систему електропостачання, засновану на дизельній електричній установці. Було проведено детальний розрахунок її економічної ефективності та визначено доцільність використання такого варіанту в різних умовах експлуатації.

3. Проведено комплексний розрахунок систем електропостачання, що базуються на мікро-ГЕС різної потужності. Оцінено їхню економічну ефективність, що дало можливість визначити оптимальні умови для їх впровадження та експлуатації.

4. Виконано розрахунок системи електропостачання з використанням вітроелектричної установки. При цьому враховано вітроенергетичний потенціал конкретної географічної місцевості, що дозволило оптимізувати параметри системи для забезпечення максимальної ефективності.

5. Розроблено систему електропостачання на базі фотоелектричної установки, включаючи вибір відповідного обладнання та комплектуючих елементів. Це забезпечує надійне та ефективне електропостачання житлового будинку, використовуючи відновлювані джерела енергії.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Оцінка продуктивності мікро-ГЕС та дизельної електростанції

Щоб вибрати найкращий спосіб автономного електропостачання житлового будинку, потрібно здійснити порівняння ефективності мікрогідроелектростанцій та дизельних електростанцій, розглянутих раніше

1) Мікро-ГЕС 10 кВт

При відповідному дотриманні правил експлуатації, мікрогідроелектростанція такої потужності здатна працювати не менше 10 років.

- Потужність: 10 кВт
- Генерація електроенергії на добу при роботі протягом 16 годин:

$$Q_0 = N \times t = 10 \text{ кВт} \times 16 \text{ год} = 160 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- Загальна генерація за весь період експлуатації:

$$Q = Q_0 \times T = 160 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 3650 \text{ год} = 584000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- Вартість системи складає 105800 грн, з яких 94400 грн – ціна самої установки, а 11400 грн – витрати на монтаж.
- Собівартість 1 кВт · год виробленої електроенергії:

$$B_z = 105800 / 584000 = 0.18 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

2) Мікро-ГЕС 50 кВт

За аналогічних умов експлуатації термін служби становить від 10 років.

- Потужність: 50 кВт
- Добове виробництво електроенергії:

$$Q_0 = N \times t = 50 \text{ кВт} \times 16 \text{ год} = 800 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- Загальний обсяг виробленої електроенергії за весь період експлуатації:

$$Q = Q_0 \times T = 800 \text{ кВт} \cdot \text{год} \times 3650 \text{ год} = 2920000 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

- Вартість системи – 431600 грн, з яких – 408800 грн припадає на саму установку, а 22800 грн – на монтажні роботи.
- Собівартість $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ виробленої електроенергії:

$$B_z = 431600 / 2920000 = 0.15 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

3) ДЕС

Щоб виробити $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ електроенергії, ДЕС потрібно 300 г палива ($0.0003 \text{ т} / \text{кВт} \cdot \text{год}$)

- При ціні ДП 33626 грн / т витрати для виробництва $1 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ становлять:

$$B_{\text{д.п.}} = 33626 \text{ грн} / \text{т} \times 0.0003 \text{ т} / \text{кВт} \cdot \text{год} = 10.09 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

- У цьому розрахунку враховані лише витрати на паливо, без урахування ціни самої станції та її обслуговування.

Таким чином, електроенергія, вироблена мікро-ГЕС, приблизно у 35 разів дешевша, ніж та, що отримується з дизельного генератора.

Беручи до уваги актуальні ціни на паливо, для резервного живлення обрано генератор *EnerSol EPG – 2800S* що працює на бензиновому паливі. Не зважаючи на те, що можливий варіант із використанням генератора на бензині та газі (2/1), такий пристрій буде приблизно на 50% дорожчим, що не відповідає критеріям економічної доцільності.



Рисунок 3.1 – *EnerSol EPG – 2800S*

Таблиця 3.1 - Параметри *EnerSol EPG – 2800S*.

Загальні характеристики	
Тип палива	бензин
Номінальна потужність	2500 <i>Вт</i>
Тип запуску	ручний
Підключення	1 Φ (220В)
Вага	40 кг

Генератор буде використовуватися як РДЖ.

3.2. Аналіз акумуляторів для незалежної електросистеми

Вибір та обчислення акумуляторних батарей для незалежного електропостачання вимагають особливого підходу. У таких системах зазвичай не використовують автомобільні акумулятори, оскільки вони не пристосовані для циклічних режимів роботи, коли необхідна тривала та повільна віддача енергії. Крім того, навіть необслуговувані автомобільні батареї під час експлуатації можуть виділяти шкідливі гази.

Оптимальним рішенням для незалежної електросистеми є спеціалізовані акумуляторні батареї, призначені для регулярних глибоких розрядів та циклічної роботи. Серед доступних варіантів можна виділити акумулятори з електролітом рідкої форми та герметичні гелеві батареї. Незважаючи на їхню значно вищу вартість порівняно з автомобільними акумуляторами, вони забезпечують надійність та довговічність електропостачання при правильному проектуванні системи.

Поширений варіант використання герметичних акумуляторів, виготовлених за технологіями AGM або GEL. Такі батареї демонструють значно кращу ефективність у порівнянні з автомобільними аналогами, не виділяють шкідливих речовин і мають лише трохи вищу ціну. Гелеві акумулятори більш доцільно використовувати для систем автономного

електропостачання, що працюють із глибокими циклами розряду, оскільки для них розряджений стан не є критичним. Завдяки цьому гелеві акумулятори в таких умовах показують вищу ефективність та мають значно більший термін служби.

Гелеві акумулятори є свинцево-кислотними герметичними батареями, де замість рідкого електроліту використовується силікагель, що заповнює простір між електродами. Ця речовина має пористу структуру: мікроскопічні пори утримують електроліт, тоді як більші пори дозволяють циркулювати газам. Завдяки такій будові покращуються робочі характеристики батарей, збільшується кількість циклів розряду і вони стають більш стійкими до глибоких розрядів. Власне через це їхня вартість на 30–40% перевищує ціну інших акумуляторів.

До переваг таких батарей можна віднести високу стійкість до вібрацій, герметичність, широкий діапазон робочих температур (від -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$), відсутність проблеми сульфатації та корозії, також здатність витримувати глибокі розряди без значного зниження терміну служби. Крім того, вони можуть залишатися у розрядженому стані кілька днів без пошкоджень.

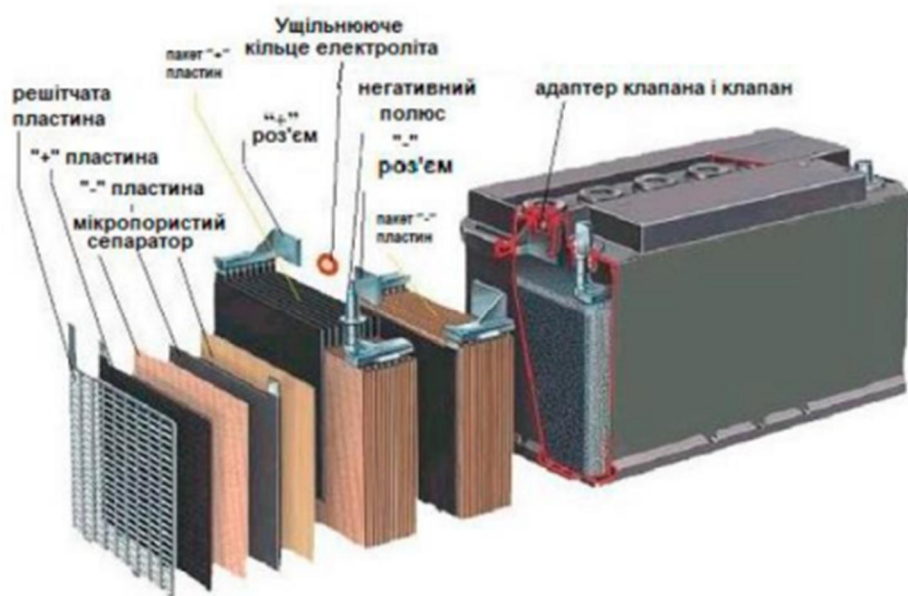


Рисунок 3.2 – Структура гелевого акумулятора.

Завдяки збільшеній товщині електродних пластин такі акумулятори мають значно довший термін служби в режимі тривалого розряду порівняно зі стандартними стартерними батареями. Виходячи з цього, у системах автономного електропостачання на основі ВДЕ використовують саме герметичні необслуговувані акумулятори. Це зумовлено тим, що пристрої на основі сонячних батарей, термоелектричних генераторів або малої вітроенергетики генерують відносно низький струм, що потребує тривалого заряду батарей.

У рамках цього проекту було ухвалено рішення використовувати акумулятори Forte типу GEL (рис. 3.3, табл. 3.2). Вони підходять як для буферного режиму роботи з тривалістю 3–10 років, так і для циклічного режиму, з можливістю витримати до 1300 циклів при глибині розряду 30%.



Рисунок 3.3 – Forte F12 – 100G

Таблиця 3.2 - Характеристики Forte F12 – 100G .

Ємність	100 А·год
Напруга	12 В
Вага	30 кг
Розмір	14.4 × 22.2 × 32.9

У таблиці 3.3 представлено стандартний перелік обладнання, яке входить до складу навантаження сучасного будинку.

Таблиця 3.3 – Розподіл навантаження електросистеми.

№ $n /$ n	Прилад	Номинал $P_i, Вт$	Миттєва споживання $P_i, Вт$				Сумарне споживання $кВт \cdot год$
			6-12	12-18	18-24	00-6	
1	Випрямляч для волосся	80	0,5	0	0	0	0,04
2	Комп'ютер	300	2	1	2	1	1,8
3	Духова шафа	1000	0	0	1	0	0,8
4	Пилесос	2000	0	0	0,5	0	1
5	Мікрохвильова піч	1300	0,2	0	0,2	0	0,52
6	Холодильник	30	6	6	6	6	7,2
7	Хлібопіч	720	0	0	1	0	0,72
8	Бойлер	1500	2	1	3	1	10,5
9	Пральна машина	800	0	0	2	0	1,6
10	Домашній кінотеатр	175	0	1	3	1	0,875
11	Кондиціонер	760	0	2	0	0	1,52
12	LED освітлення 15 шт	100	2	1	5	1	0,9
13	Фен	1600	0,25	0	0	0	0,4
14	Зволожувач повітря	25	1	0	1	0	0,05
15	Утюг	2400	0,5	0	0	0	1,2
16	Кавоварка	800	0,25	0	0	0	0,2
17	Мультиварка	1000	0	0	2	0	2
	Разом	14750	13,7	8	35,7	6	23572,5

Добове споживання електроенергії системою з урахуванням усіх навантажень розраховується за формулою:

$$W_{доб} = P_i \times \sum T_i$$

Підставивши значення, отримуємо:

$$W_{доб} = P_i \times \sum T_i = 1520 + 700 + 3600 + 50 + 7500 + 800 + 720 + 1000 + 1200 + 520 + \\ + 200 + 720 + 1600 + 2000 + 400 + 37,5 + 375 + 630 = 23.572 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Місячне енергоспоживання визначається за формулою:

$$W_{міс} = 23.572 \times 31 + (3.65 / 2) = 732.5 \text{ кВт}$$

Якщо для забезпечення живлення застосовувати сонячну панель та вітрогенератор, то час автономної роботи системи складе 8 годин. Для подальших обчислень знайдемо середню потужність споживання за годину в зимовий період:

$$W_{cp} = \frac{W_{доб}}{24} = \frac{23572}{24} = 982.16 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

При такому споживанні за 8 годин потрібно:

$$W_{cp} = 982.16 \times 8 = 7857.28 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Для забезпечення стабільної роботи обираємо мережевий сонячний інвертор Ахіома Energy ISGRID BF 3000 потужністю 3 кВт, напругою 48 В (рис. 3.4, табл. 3.4).



Рисунок 3.4 – Інвертор сонячної енергії Ахіома energy ISGRID BF 3000.

Цей багатофункціональний пристрій може працювати в трьох режимах: як частина сонячної електростанції, як джерело безперебійного живлення (ДБЖ) або як зарядний пристрій для акумуляторів різних типів. Користувач може самостійно обирати необхідний режим роботи.

Інвертор Ахіома Energy ISGRID BF 3000 забезпечує ефективне використання сонячної енергії, дозволяючи як споживати її для власних потреб, так і передавати в електромережу за «зеленим тарифом». Крім того, пристрій підтримує накопичення надлишкової енергії, що сприяє зменшенню загального споживання електроенергії.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики інвертора

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Модель	I3GRID BF 3000
Макс. потужність сонячних батарей, що підключаються, (Вт)	4000
Номінальна вихідна потужність (Вт)	3000
Макс.напруга холостого ходу від сонячних батарей ОС, (В)	450
Діапазон напруги відстеження точки макс. потужності (MPPT), ОС (В)	120-430
Кількість MPPT трекерів	1
Характеристики в режимі роботи Паралельно з мережею	
Вихідні характеристики змінного струму	
Номінальна вихідна напруга, АС (В)	220/230/240
Діапазон вихідної напруги, АС (В)	184-264.5
Номінальний вихідний струм (А)	13
коефіцієнт потужності	>0.99
Ефективність	
Максимальна ефективність перетворення (ОС/АС), (%)	90
ХАРАКТЕРИСТИКИ В АВТОНОМНОМУ І ГІБРИДНОМУ РЕЖИМІ	
Вхідні характеристики змінного струму	
Прийнятний діапазон вхідної напруги	90-280VAC або 170-280 VAC
Діапазон частот	50 Hz/ 60 Hz (Автовизначення)
Максимальний вхідний струм (А)	40
Вихідні характеристики змінного струму (перетворення постійного струму від акумулятора на змінний струм)	
Номінальна вихідна напруга, АС (В)	220/230/240
Вихідний сигнал	Чиста синусоїда
Ефективність перетворення (ОС/АС), (%)	93
Заряд акумуляторів	
Номінальна напруга постійного струму, ОС (В)	48
Максимальний струм заряду від сонячних батарей (А)	60
Максимальний струм заряду від мережі (А)	60
Максимальний струм Заряду (А)	60
ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Розміри, Д x Ш x В (мм)	120x295x468
Вага, кг)	11
Паралельне підключення	Так (до 9 інверторів)
Порти передачі даних	USB або PS232
Відносна вологість, (%)	0 ~ 90 (без конденсату)
Діапазон робочих температур (°C)	0-50

Основні переваги цього інвертора:

- Вбудований MPPT-контролер для оптимізації сонячного заряду.
- Зручний дисплей із підсвічуванням для комфортного керування в темний час доби.
- Гнучке налаштування режимів роботи.
- Можливість віддаленого керування через смартфон, планшет або ПК.
- Захист від перегріву, механічних пошкоджень і впливу негативних факторів довкілля.

Компактні розміри інвертора дозволяють його встановлення як у приміщенні, так і на відкритому повітрі у спеціально підготовлених місцях. Пристрій оснащений примусовою системою охолодження, що забезпечує безшумну та безпечну експлуатацію.

Отримане значення необхідно помножити на коефіцієнт 1,2, що враховує втрати енергії в інверторі:

$$W_{повн} = W \cdot k = 7857.28 \cdot 1.2 = 9428.74 \text{ Вт} \cdot \text{год}$$

Вхідну напругу інвертора визначаємо відповідно до його характеристик, тобто обираємо 48 В. Розрахуємо необхідну ємність акумуляторної батареї (А·год), поділивши загальне споживання електроенергії на напругу:

$$C = \frac{W_{повн}}{\sum U_{AB}} = \frac{9428.74}{48} = 196.43 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Для визначення загальної ємності акумуляторів врахуємо, що максимальний рівень розряду не повинен перевищувати 30% номінальної ємності, оскільки це значно впливає на їх довговічність. Тоді необхідна ємність становитиме:

$$C_{np} = \frac{100\% \times C}{30\%} = \frac{100 \times 196.43}{30} = 654.77 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Далі виконуємо розрахунок параметрів акумуляторної батареї, враховуючи способи підключення. При паралельному з'єднанні збільшується ємність (А·год), а при послідовному — напруга (В).

Кількість батарей, з'єднаних послідовно для отримання необхідної напруги 48 В:

$$n_1 = \frac{48}{12} = 4$$

Кількість паралельних рядів акумуляторів:

$$n_2 = \frac{654.77}{100} = 6.5 \approx 7$$

Загальна ємність акумуляторної системи буде:

$$\sum C_m = 100 \times 7 = 700 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Загальна кількість акумуляторних батарей:

$$N = n_1 \cdot n_2 = 4 \cdot 7 = 28$$

3.3. Розрахунок сонячних панелей

Згідно з розрахунками, загальна ємність акумуляторних батарей складає 700 А·год. Однак слід врахувати втрати, пов'язані з процесами заряду та розряду, які становлять приблизно 20% при використанні спеціалізованих акумуляторів. Тоді необхідна ємність буде:

$$1.2 \cdot C = 1.2 \cdot 700 = 840 \text{ А} \cdot \text{год}$$

Середній показник максимальної сонячної інсоляції для регіонів центральної, східної та південної частин України становить 8 годин. Розрахуємо необхідну кількість ампер-годин, яку повинні забезпечувати сонячні батареї:

$$N_{\text{нар.}} = \frac{C}{I_m} = \frac{168}{10.35} = 16.23$$

Округлюючи до найближчого більшого цілого значення, отримуємо 16 панелей.

В якості фотоелектричних модулів обираємо моделі Ахіота АХ-180М (рис. 3.5, табл. 3.5) з номінальною напругою 12 В. Це монокристалічні кремнієві панелі зі скляною основою та алюмінієвим каркасом.



Рисунок 3.5 - Фотоелектрична панель моделі Ахіота АХ-180М.

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики фотоелектричної панелі.

ХАРАКТЕРИСТИКИ	
Основні	
Виробник	Ахіота
Країна виробник	Китай
Напруга	12 В
Потужність	180 Вт
Тип панелі	Монокристалічна
Матеріал виготовлення модуля	Чистий кремній
Матеріал рамки	Алюміній
Напруга при максимальній потужності	20 02 В
Струм при максимальній потужності	8.99 А
Напруга холостого ходу	23 76 В
Мінімальна робоча температура	-40 град
Максимальна робоча температура	85 град.
Кількість елементів	36 шт.
Ступінь захисту IP	67
ККД, не менше	16%
Струм короткого замикання	9.56 А
Габаритні розміри	
Довжина	1480 мм
Ширина	680 мм
Товщина	30 мм
Вага	11 кг
Температурні коефіцієнти	
Температурний коефіцієнт напруги	-0.39 %/°C
Температурний коефіцієнт струму	0 033 %/°C
Температурний коефіцієнт потужності	-0.44 %/°C
Користувальницькі характеристики	
Клас кремнію	A

Завдяки спеціальному текстурованому склу, яке використовується в цих панелях, втрати світлової енергії мінімізуються. Це дає змогу збільшити вихідну потужність модуля на 15% відносно його площі.

3.4 Розрахунок вітроенергетичної установки

Сучасні вітроенергетичні установки використовуються для перетворення енергії вітру спочатку в механічну енергію обертання вітроколеса, а згодом — в електричну енергію. Найпоширенішими є дві конструкції вітродвигунів: горизонтально-осьові та вертикально-осьові. Обидва варіанти мають схожий коефіцієнт корисної дії (ККД), проте найчастіше застосовуються горизонтально-осьові установки. Потужність таких систем варіюється від сотень ват до кількох мегават.

Раніше використовувалися вітроколеса «активного» типу (Савоніуса, карусельні), які працювали на основі тиску вітру. Однак через їх низький ККД (менше 20%) вони практично не застосовуються для енергогенерації.

Основні компоненти вітроустановки (див. рис. 3.6):

- **Вітроколесо (ротор)** – забезпечує перетворення енергії повітряного потоку в механічне обертання осі турбіни. Його діаметр може варіюватися від кількох до кількох десятків метрів, а частота обертання — від 10 до 120 об/хв. Вітроустановки, підключені до мережі, зазвичай мають фіксовану частоту обертання. В автономних системах з інвертором вона може змінюватися.
- **Мультиплікатор** – механізм, що підвищує частоту обертання валу ротору та узгоджує її з робочими параметрами генератора. У малопотужних установках з генераторами на постійних магнітах мультиплікатор, як правило, не використовується.
- **Мачта** – конструкція, на якій розміщене вітроколесо. Для великих установок висота мачти може досягати 75 м.

- **Фундамент** – забезпечує стійкість конструкції, запобігаючи її падінню при сильних вітрах. Більшість потужних вітроустановок автоматично зупиняються, якщо швидкість вітру перевищує безпечний рівень.

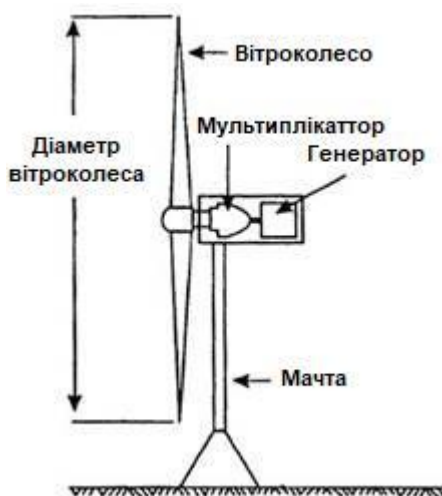


Рисунок 3.6 - Складові частини горизонтально-осьової вітрової установки.

Горизонтально-осьові вітроустановки оснащуються механізмом орієнтації за напрямком вітру. Розмір такої установки визначається її потужністю. Наприклад, для підключення до централізованої електромережі зазвичай використовують установки від 50 кВт і більше. Менш потужні системи найчастіше застосовуються для автономного енергозабезпечення житлових будинків (від 100 Вт до 10 кВт). У таких випадках у складі системи можуть бути акумуляторні батареї та резервний дизель-генератор.

Малі підприємства та віддалені населені пункти можуть використовувати установки значно більшої потужності. Вітроагрегати до 1 кВт часто застосовуються для зарядки акумуляторів та живлення невеликих навантажень (освітлення, електроінструменти, побутова техніка тощо).

Вітроустановки, що працюють на основі підйомної сили, є більш ефективними, ніж ті, що використовують силу опору, оскільки дозволяють досягати вищої швидкості обертання та мають краще співвідношення потужності до маси при нижчій вартості одиниці потужності.

Конструкція вітроколеса може передбачати різну кількість лопатей – від однолопатевого до багатолопатевого (понад 50 лопатей). Деякі горизонтально-

осьові установки мають фіксоване положення і не можуть змінювати напрямок відносно вітру, тому їх застосовують у регіонах із постійним напрямком вітрових потоків. У більшості випадків конструкція передбачає механізм повороту для орієнтації за вітром.

Для обмеження частоти обертання вітроколеса при високих швидкостях вітру використовуються різні методи, зокрема флюгерне положення лопатей, клапани або система зміни нахилу лопатей.

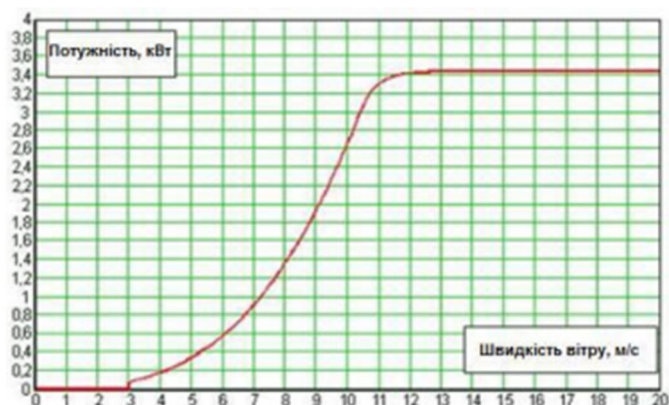


Рисунок 3.7 - Взаємозв'язок між згенерованою потужністю вітрового генератора та швидкістю вітру.

Дослідження показали, що для генерації електроенергії за сприятливих умов (середня швидкість вітру 4,5 м/с, робочий час – 8 годин) можна отримати:

$$W_{\text{вим}} = V \cdot W_{\text{м}} = 4.5 \cdot 1500 = 6750 \text{ Вт}$$

де V – швидкість вітру (м/с),

$W_{\text{м}}$ – миттєва потужність установки (Вт).

Для забезпечення роботи житлового будинку необхідна кількість вітроустановок визначається за формулою:

$$n = \frac{W_{\text{нов}}}{W_{\text{вим}}} = \frac{9428}{6750} = 1.39$$



Рисунок 3.8 – Потенціал вітрової енергії на території України.

Округливши отримане значення, отримуємо $n=1$.

Таким чином, для резервного живлення доцільно встановити одну вітроустановку Whirlwind 3000W (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Вітрова турбіна Whirlwind потужністю 3000 Вт.

3.5 Структура гібридної енергосистеми

Основним джерелом електроенергії в автономній системі електропостачання є сонячна фотоелектрична панель (СП), яка вдень заряджає акумуляторну батарею через сонячний зарядний пристрій (СЗП). Додатковим джерелом живлення в гібридній системі виступає вітрова генераторна турбіна (ВГТ), що перетворює кінетичну енергію вітру на трифазний змінний струм (рис. 3.10). Випрямляч регулятора заряду здійснює його трансформацію в постійний струм, необхідний для заряджання акумуляторів. Для захисту порційного зарядного пристрою (ПЗП) від надмірного струмового навантаження використовується обмежувач максимального струму (ОМС). Також у системі застосовується пристрій зарівнювання заряду (ПЗУ), що забезпечує рівномірний розподіл електроенергії між акумуляторами.

Щоб перетворити напругу постійного струму 24/48 В у стандартну синусоїдальну напругу 220 В, 50 Гц, використовується інвертор. Він забезпечує живлення побутових споживачів змінним струмом. Контролер заряду запобігає перезарядженню акумуляторної батареї. Якщо акумулятори повністю заряджені й у системі з'являється надлишкова енергія, вона спрямовується на термоелектричний нагрівач (ТЕН).

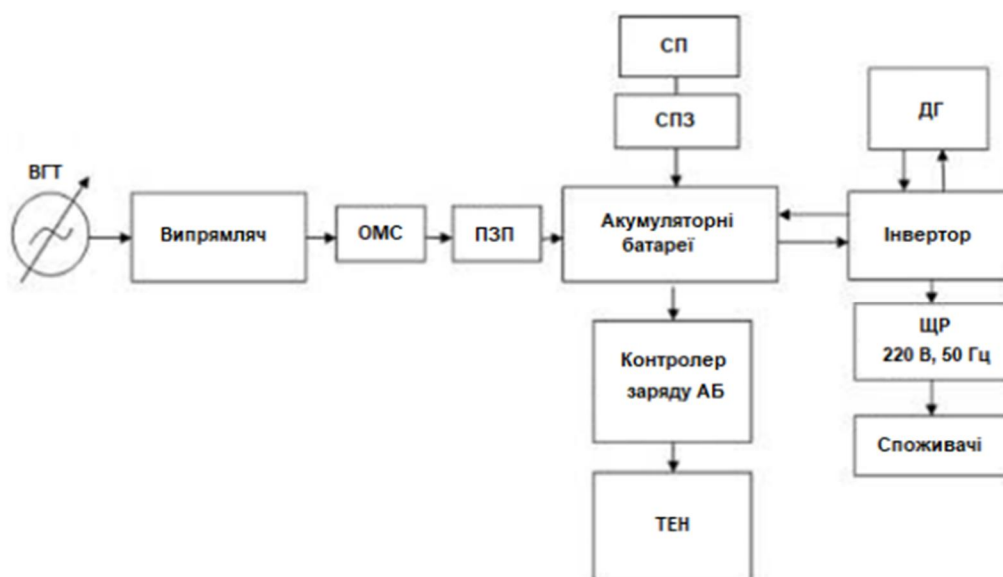


Рисунок 3.10 - Схема структури гібридної системи автономного електропостачання для житлового будинку.

Сучасні інвертори можуть виконувати різні завдання, зокрема: заряджання акумуляторів від централізованої електромережі або дизельного генератора, трансформування постійного струму в змінний, а також контроль параметрів напруги. У разі відсутності вітру інвертор використовує заряд акумуляторів для живлення споживачів, контролюючи рівень їхнього розряду. Якщо напруга батареї опускається нижче допустимого рівня, інвертор подає команду на запуск дизельного генератора (ДГ). Після досягнення робочого режиму електроенергія від ДГ через інвертор подається споживачам. Вбудований у нього зарядний пристрій забезпечує заряджання акумуляторів. У контролері інвертора запрограмовано алгоритм цього процесу, а після повного заряджання батареї інвертор генерує сигнал для вимкнення дизельного генератора.

3.6 Ефект взаємодії результату об'єднаних зусиль

У ході створення цього проекту значний акцент було зроблено на одночасній роботі ключових компонентів автономної енергосистеми: вітрової генераторної турбіни, фотоелектричних панелей та акумуляторних батарей. Така взаємодія забезпечує синергетичний ефект, що дозволяє не лише підтримувати прогнозовану генерацію електроенергії незалежно від погоди, а й зменшити необхідну ємність акумуляторних батарей для споживачів.

Пояснення цього ефекту полягає в тому, що первинні енергетичні ресурси доповнюють одне одного (рис. 3.11, 3.12). У періоди зниження інтенсивності сонячного випромінювання, як правило, спостерігається посилення вітру, та навпаки. Це дає змогу автономній системі стабільно забезпечувати електропостачання упродовж усього року.



Рисунок 3.11 – Аналіз сонячного випромінювання.



Рисунок 3.12 – Дослідження показників середньої швидкості вітру.

3.7 Визначення параметрів та підбір обладнання

Таблиця 3.4 містить параметри електроспоживачів, які будуть використовувати незалежну систему електропостачання будинку. На основі цих даних здійснюється розрахунок і вибір захисного обладнання.

Розрахуємо одного із споживачів.

Спочатку визначаємо номінальний струм:

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi}, A$$

Підставляючи відповідні значення:

$$I_{ном} = \frac{0.76}{\sqrt{3} \cdot 0.23 \cdot 0.9} = 0.91 A$$

Далі розраховуємо пусковий струм:

$$I_{пуск} = K_{пуск} \cdot I_{ном} = 5 \cdot 0.91 = 4.55 A$$

Отримані результати заносяться в таблицю 3.6. Аналогічні обчислення виконуються для всіх інших, після чого всі дані вписуються в ту ж таблицю.

Таблиця 3.6 – Основні параметри ЕС.

№ з / n	Прилад	$P_{ном}, кВт$	$I_{ном}, A$	$K_{пуск}$	$I_{пуск}$	α	$I_{пуск} / \alpha$	$\cos \varphi$
1	Хлібопіч	0,72	0,76	5	3,8	2,5	1,52	0,8
2	Пилосос	2	2,39	5	11,95	2,5	4,78	0,9
3	Мікрохвильова піч	1,3	1,55	5	7,75	2,5	3,1	0,9
4	Фен	1,6	1,91	5	9,55	2,5	3,82	0,9
5	випрямляч для волосся	0,08	0,08	5	0,4	2,5	0,16	0,8
6	духова шафа	1	0,96	5	4,8	2,5	1,92	0,9
7	LED освітлення (15 шт.)	0,09	0,1	5	0,5	2,5	0,2	0,8
8	Бойлер	1,5	1,79	5	8,95	2,5	3,58	0,9
9	Кондиціонер	0,76	0,91	5	4,55	2,5	1,82	0,9
10	Холодильник	0,03	0,03	5	0,15	2,5	0,06	0,8
11	Комп'ютер	0,6	0,72	5	3,6	2,5	1,44	0,9
12	Зволожувач повітря	0,025	0,03	5	0,15	2,5	0,06	0,8
13	Утюг	2,4	2,87	5	14,35	2,5	5,74	0,9
14	Домашній кінотеатр	0,175	0,21	5	1,05	2,5	0,42	0,9
15	Мультиварка	1	1,2	5	6	2,5	2,4	0,9
16	Електронасос	0,075	0,08	5	0,4	2,5	0,16	0,8
17	Кавоварка	0,8	0,85	5	4,25	2,5	1,7	0,8
18	Пральна машина	0,8	0,85	5	4,25	2,5	1,7	0,8

Наступним кроком є вибір автоматичного вимикача і дроту щоб підключити до РЩ. Робочий струм всієї електросистеми у розподільному щиті (за таблицею 3.7) складає:

$$I_{р.щит} = 17.46 A$$

Обчислюємо кратний струм:

$$I_{\text{крат}} = I_{\text{пуск}} = I_{\text{пуск найб.}} + \sum I_{\text{ном}} = 14.35 + 17.29 = 31.64 \text{ A}$$

Вибираємо автомат марки *E – NEXT* та звіряємо умови захисту перевантаження:

$$I_{\text{ном ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{ном}} = 17.29 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном ав}} = 25 \text{ A} > I_{\text{ном}} = 17.29 \text{ A}$$

Струм відключення електромагнітного розмикача:

$$I_{\text{від}} = 300 \text{ A}$$

Перевіряємо умову захисту від перевантаження:

$$I_{\text{від}} > 1.25 \times I_{\text{крат}}$$

$$I_{\text{від}} = 1.25 \cdot 31.83 = 39.7 \text{ A} \quad \text{тобто} \quad 300 > 39.7 \text{ A}$$

Так як умова задовільняється, можемо вибрати дріт типу *ВВГ – 1(3×6) + (1×4)* і перевіряємо відповідність його допустимого струму номінальному:

$$I_{\text{доп}} = 25 \text{ A} > I_{\text{ном}} = 17.46 \text{ A}$$

Оскільки всі умови дотримані, аналогічні розрахунки проводяться для решти електроспоживачів, а результати записуються у таблицю 3.7.

Для перевірки правильності вибору перетину кабелю використовуємо коефіцієнт захисту K_z автоматичного вимикача. Оскільки кабель прокладається в траншеї, поправочний коефіцієнт K_n приймається рівним 1, а для автомата з нерегульованою характеристикою K_z також дорівнює 1:

$$I_{\text{доп}} = \frac{K_z \cdot I_z}{K_n} = \frac{1 \cdot 50}{1} = 50 \text{ A} < 100 \text{ A}$$

Оскільки ця умова також виконується, приймається рішення про встановлення *ПЗВ – Д40* зі струмом витоку 30 мА.

Таблиця 3.7 - Загальний розрахунок захисних пристроїв та проводів для електроспоживачів.

№ ЕС	I ном, А	I кр, А	Автоматичний вимикач				Тип апарата	Кз	Кз·Із	І доп пров	Марка і перетин
			І ном авт	І ном р	І р.ср	І від					
1	0,91	1,37	10	25	1,86	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
2	0,21	1,14	10	25	1,44	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
3	0,72	1,30	10	25	1,76	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
4	0,03	1,10	10	25	1,4	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
5	1,79	30,40	63	50	38,23	300	E-NEXT	0,3	5,27	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
6	0,96	13,81	16	25	20,93	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
7	0,03	5,45	10	25	6,6	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
8	2,39	9,14	10	25	14,14	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
9	2,87	9,89	10	25	14,89	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
10	1,55	7,83	10	25	12,83	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
11	0,85	6,73	10	25	7,73	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
12	0,76	6,59	10	25	7,59	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
13	0,85	6,73	10	25	7,73	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
14	1,20	7,28	10	25	9,28	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
15	1,91	8,39	10	25	10,39	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
16	0,08	5,53	10	25	7,53	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
17	0,08	2,76	10	25	3,76	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
18	0,10	1,11	10	25	1,41	300	E-NEXT	0,3	2,08	25	ВВГ-3(1х6)+(1х4)
ШР	17,46	39,40	63	25	49,83	300	E-NEXT	1	16	36	ВВГ-3(1х6)+(1х4)

3.8. Розрахунок електропостачання житлового будинку

На сьогоднішній день відомо, що світові запаси нафти при нинішніх темпах видобутку можуть забезпечити потреби людства ще на 50-60 років, тоді як ціни на паливо постійно зростають. В Україні, де зими зазвичай помірні, а опалювальний період доволі тривалий, значна частина енергоресурсів використовується саме на обігрів приміщень. У порівнянні з іншими європейськими країнами цей показник є досить високим. Одним із способів розв'язання цієї проблеми є використання відновлюваних джерел енергії, такі

як сонячна та вітрова енергетика, що дозволить значно покращити ситуацію з енергозабезпеченням житлових будинків.

На сучасному ринку представлено багато автономних енергетичних систем, які працюють на основі альтернативної енергетики. Вони здебільшого слугують доповненням до традиційних джерел електропостачання, адже повністю замінити централізовані мережі поки що складно через технологічні та економічні фактори. Основною перевагою автономної системи, що розглядається в цьому проєкті, є її доступність для побутових споживачів. В Україні активно розвивається будівництво приватного житла, і для забезпечення його електроенергією все частіше використовуються автономні системи, які є більш економічно доцільними, незалежно від масштабу забудови.

Розвиток автономного електропостачання дещо ускладнюється дефіцитом технологічних матеріалів та відповідного інженерного обладнання. Через це часто використовуються спрощені конструкції, що не завжди є ефективними. Як наслідок, зростають витрати паливних ресурсів, погіршується екологічна ситуація, а рівень технічної грамотності населення залишається низьким. Централізовані системи, які потребують значних капіталовкладень і високих експлуатаційних витрат, не завжди є оптимальним рішенням.

Зарубіжний досвід і практика в Україні свідчать про те, що перехід до автономного електропостачання дозволяє значно підвищити рівень комфорту в приватних будинках, наблизивши їх умови до багатоквартирних міських будівель. На сьогодні для енергозабезпечення заміських будинків найчастіше використовують системи на базі фотогальванічних панелей та вітрогенераторів. Такі системи зазвичай містять:

- **Сонячні панелі** – для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію;
- **Контролер заряду** – регулює процес заряджання акумуляторних батарей;
- **Вітрогенератор** – конвертує енергію вітру в електроенергію;
- **Контролер вітрогенератора** – керує процесом заряджання акумуляторів;

- **Акумуляторні батареї** – накопичують енергію для використання у вечірній і нічний час;
- **Інвертор** – трансформує струм постійний у змінний;
- **Генератор** – резервне джерело живлення, яке використовується у разі аварійних ситуацій або для покриття пікових навантажень.



Рисунок 3.13 – Схема гібридної незалежної системи

Для визначення вартості автономної системи, розглянутої в цьому проєкті, необхідно врахувати рівні енергоспоживання та підключене навантаження. Розрахунок проводиться на основі сучасних ринкових цін, що дозволяє отримати реальну оцінку фінансових витрат на її впровадження. Враховуючи, що термін експлуатації сонячних панелей перевищує 20 років, а акумуляторних батарей – близько 10 років, система розрахована на довгострокове використання.

У межах цього проєкту розглядається автономна система електропостачання із середнім щомісячним споживанням електроенергії 700 кВт·год. Ця система призначена для житлового будинку, де проживає велика родина, і головним пріоритетом є забезпечення комфортного рівня життя, а не

максимальна економія електроенергії. Денне споживання електроенергії становить приблизно 20-24 кВт·год, при середньодобовій потужності до 1 кВт, що у підсумку дає близько 700 кВт·год на місяць.

Таблиця 3.8 - Прилади електричного призначення.

№ п/п	Електроприлад
10	Мікрохвильова піч
6	Духова шафа електрична
12	Хлібопіч
3	Комп'ютер
16	Випрямляч для волосся
9	Праска
7	Холодильник
14	Мультиварка
17	Електронасос
1	Кондиціонер
5	Бойлер
4	Зволожувач повітря
15	Фен
2	Домашній кінотеатр
11	Кавоварка
8	Пилосос
18	Енергозберігаючі лампи (15 шт.)
13	Пральна машина

Розрахована вартість обладнання автономної системи:

- 40 сонячних панелей (180 Вт) – 147 520 грн;
- 40 кріплень для панелей – 18 240 грн;
- 20 акумуляторів (12 В, 100 А·год) – 105 920 грн;
- 3 інвертори (48 або 120 В, 3 кВт) – 74 364 грн;
- Вітрогенератор (3 кВт) – 50 000 грн;
- Бензиновий генератор (2,5 кВт) – 23 799 грн.

Таким чином, загальна вартість автономної системи електропостачання складає 420 043 грн.

3.9. Висновки до розділу 3

1. У ході аналізу оцінено ефективність використання мікро-ГЕС і дизельної електростанції в умовах автономного електропостачання.
2. Виконано розрахунок акумуляторних батарей для автономної енергосистеми, визначено їхню оптимальну конфігурацію, технічні параметри та необхідну кількість для встановлення.
3. Проведено розрахунок необхідної кількості та характеристик сонячних панелей і вітрогенератора, підібрано їхні типи та основні технічні параметри.
4. Розроблено структуру гібридної енергетичної системи, здійснено підбір обладнання для її ефективної роботи з урахуванням синергетичного ефекту.
5. Виконано розрахунок електропостачання житлового будинку та визначено оптимальне енергозабезпечення.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні причини ураження людини електричним струмом

До основних причин ураження електричним струмом відносять:

- а) випадкове доторкання або приближення на небезпечну відстань до частин електрообладнання, що знаходяться під напругою;
- б) виникнення напруги на металічних конструктивних частинах електрообладнання - корпусах, кожухах, в результаті пошкодження ізоляції чи інших причин;
- в) виникнення напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, внаслідок випадкового включення установки;
- г) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання провідника на землю.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом являються: забезпечення недоступності частин електрообладнання, що знаходяться під напругою, від випадкового до нього доторкання; захисне розділення кола; усунення небезпеки ураження електричним струмом при виникненні напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електрообладнання, що досягається завдяки використанню малих напруг та подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням, використання спеціальних захисних пристроїв - переносних приладів і засобів; організація безпечної експлуатації електрообладнання.

Захисне розділення кола. В розкиданих електричних колах або з великою протяжністю навіть справна ізоляція може мати досить маленький опір, а ємність провідників відносно землі - велику величину. Ці обставини можуть становити велику небезпеку, так як в таких колах до 1000 В із ізолюваною нейтраллю втрачається захисна функція ізоляції провідників і виникає небезпека ураження людини електричним струмом у випадку її доторкання до провідника електричного кола або до іншого предмету, що знаходився під фазною напругою.

Цей недолік електричного кола може бути усунений шляхом захисного розділення кола, тобто розділення досить протяжних гілок електричного кола на декілька менш протяжних і електрично між собою не з'єднаних. Розділення виконують за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів. В результаті такого розділення ізолювані ділянки електричного кола мають великий опір ізоляції та малу ємність провідників відносно землі, завдяки чому можна покращити умови безпеки загалом.

4.2 Захисне заземлення та занулення

Захисне заземлення - спеціальне з'єднання із землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Основна мета захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Принцип роботи захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг доторкнення та кроку, зумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького по величині до потенціалу заземленого обладнання.

Застосовують захисне заземлення у трифазних колах з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю і більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

Заземлюючим пристроєм називають сукупність заземлювача – металевих провідників, що мають електричний зв'язок із землею, і заземлюючих провідників, що з'єднують заземлені частини електрообладнання із заземлювачем. Відрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносні та контурні.

Виносний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його заземлювач поміщений за територію де розміщено заземлююче обладнання, або заземлювач розташовують на невеликій частині цієї території. Недоліком виносного заземлюючого пристрою являється віддалення заземлювача від заземлюючого електрообладнання, внаслідок чого коефіцієнт $a=1$. Тому такий тип заземлення застосовують при малих струмах замикання на землю і частково в установках до 1000 В, де потенціал заземлювача не перевищує допустимої напруги доторкування. Перевагою являється те, що можна вибрати місце розміщення електродів із найменшим опором ґрунту.

Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його одиночні заземлювачі розміщуються по контуру або периметру території, на якій знаходиться заземлююче обладнання, або розподіляються по всій території рівномірно. При контурному заземленні забезпечується вирівнювання потенціала на території до такої величини, щоб максимальне значення напруг доторкання та кроку не перевищували допустимих. Це досягається шляхом відповідного розміщення одиночних заземлювачів. Всередині приміщення вирівнювання потенціалу відбувається природнім шляхом через металічні конструкції, трубопроводи, кабелі і інші струмопровідні елементи, що зв'язані із колом заземлення.

Розрізняють штучні заземлювачі, що використовують виключно для заземлення та природні - металічні предмети для іншого призначення, що знаходяться в землі. Для штучного заземлення використовують зазвичай вертикальні і горизонтальні електроди. В якості вертикальних електродів використовують металічні труби діаметром 3-5 см і металічні кутники розміром від 40х40 до 60х60 мм і довжиною 2,5-3 м. В останні роки всечастіше почали використовувати металічні прутки 10-12 мм і довжиною до 10м. Для зв'язки вертикальних електродів і в якості горизонтального електрода використовують полосну сталь січенням не менше 4х12 мм або сталь круглого січення діаметром не менше 6 мм. Для розміщення вертикальних заземлювачів риють траншею

глибиною 0,7 - 0,8 м, після чого за допомогою механізмів забивають труби або кутники.

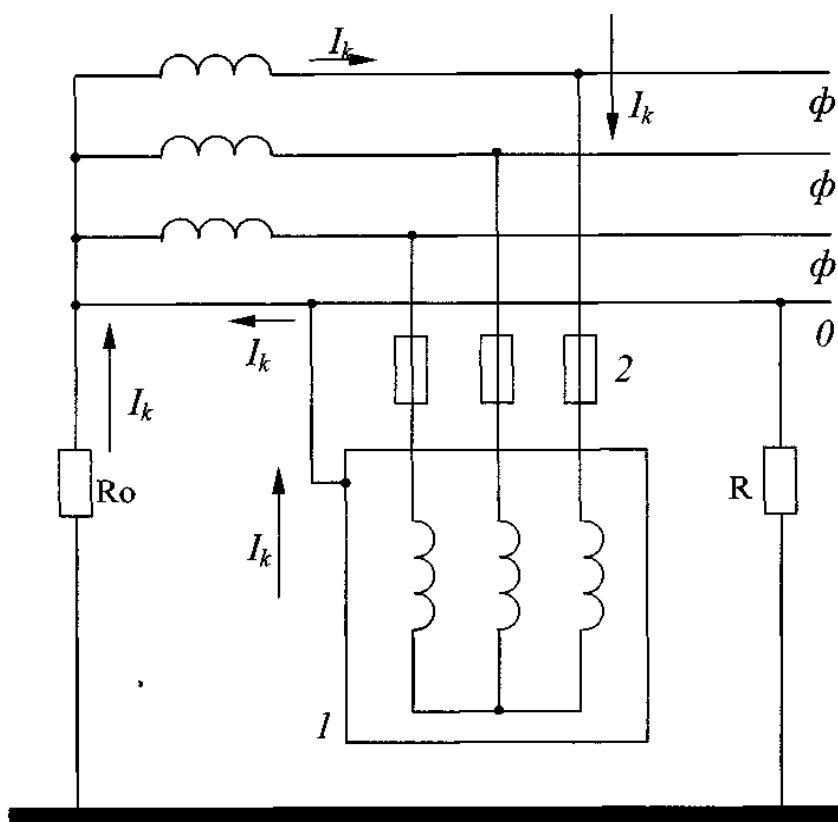
В якості природних заземлювачів можна використовувати проложені в землі водопровідні труби і інші металічні трубопроводи, за виключенням труб, що проводять горючі суміші, газ, а також не можна використовувати в якості природних заземлювачів трубопроводи, що покриті ізоляцією для захисту від корозії. Також використовують металічні конструкції і арматуру залізобетонних конструкцій будинків, що мають з'єднання із землею; свинцеві оболонки кабелів, що проходять під землею.

Відповідно до ПУЕ, опір захисного заземлення в будь-яку пору року не повинно перевищувати 4 Ом в установках із напругою до 1000 В, але якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менше 100 кВ·А тоді опір заземлення допускається 10 Ом. Для установок із напругою вище 1000 В та з великими струмами замикання на землю (більше 500 А) опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом. Не більше 10 Ом опір заземлення повинен бути для установок більше 1000 В із малими струмами замикання на землю і без компенсації ємнісних струмів; якщо заземлююче обладнання одночасно використовується для електроустановок напругою до 1000 В, то опір заземлення не повинен перевищувати $125/I_z$, але не більше 10 Ом (або 4 Ом, якщо це вимагається для установок до 1000 В).

Захисне заземлення необхідне при експлуатації обладнання, яке може опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції самого електрообладнання. При цьому в приміщеннях із підвищеною небезпекою або заземлення являється обов'язковою умовою при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В змінного і ПО В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки - при напрузі 500 В і вище. Тільки у вибухонебезпечних приміщеннях заземлення використовують незалежно від величини напруги. Отже, за допомогою захисного заземлення можна уникнути небезпеки ураження людини електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Занулення

Зануленням називають приєднання до не однократного заземленого нульового проводу живлячих кола корпусів і інших конструктивних сталъних елементів електрообладнання, які у звичайних умовах не знаходяться під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою. Принципова схема заземлення показана на рис 4.1. Основна функція занулення така ж як у захисного заземлення: унеможливлення небезпеки ураження людей струмом при пробії на корпус. Вирішується така задача автоматичним відключенням пошкодженого обладнання від кола живлення.



1 - корпус; 2 - апарати захисту від струмів короткого замикання; R_0 - опір заземлення нейтралі джерела струму; R - опір повторного заземлення нульового проводу; I_k - струм короткого замикання

Рисунок 4.1 Принципова схема занулення

Принцип дії занулення - перетворити пробій на корпус в однофазне коротке замикання, тобто замикання між фазним і нульовим проводами, із метою створення великого по величині струму, що зможе забезпечити ввімкнення

захисту і тим самим відключити обладнання від кола живлення. До такого захисту можна віднести: плавкі вставки чи автоматичні вимикачі, що ставлять перед користувачами електричної енергії для захисту від струмів короткого замикання. Швидкість відключення пошкодженого обладнання, тобто час з моменту виникнення напруги на корпусі до моменту відключення установки від кола живлення, складає 5-7 с при захисті обладнання плавкими вставками і 1-2 с при захисті автоматами. Область застосування занулення до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю. Зазвичай це кола напругою 380/220 і 220/127 В.

На рис 4.1 можна побачити, що схема занулення потребує нульового проводу, заземлення нейтралі джерела струму і повторного заземлення нульового проводу, який створює струм короткого замикання схеми з малим опором, щоб цей струм був достатнім для швидкого спрацювання захисту, тобто моментального відключення пошкодженого обладнання від живлення.

Відповідно до вимог ПУЕ нульовий провід повинен мати провідність не менше половини провідності фазного проводу. У такому випадку струм короткого замикання буде достатнім для швидкого відключення пошкодженої електроустановки, що у свою чергу дозволить зменшити можливість ураження людини електричним струмом при пробії на корпус. Занулення виконують обов'язково для електричних кіл напругою 380/220 В.

4.3 Класифікація НС в Україні та порядок реагування і ліквідації їх наслідків

Класифікація надзвичайних ситуацій впроваджена в Україні з метою забезпечення організаційної взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у процесі вирішення питань, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями, ліквідацією їх наслідків та веденням державної статистики.

Залежно від причин походження подій, що зумовили або можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють

надзвичайні ситуації техногенного, природного, соціального та воєнного характеру, а в залежності від обсягів заподіяних наслідків, кількості постраждалих і загиблих, обсягів технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для їх ліквідації, надзвичайні ситуації класифікуються як державного, регіонального, місцевого та об'єктового рівня.

Слід зазначити, що об'єктами класифікації можуть бути лише надзвичайні ситуації, які поділяються на НС техногенного, природного, соціального та воєнного характеру.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру зараховуються транспорті аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, електроенергетичних системах, аварії в системах нафтогазового промислового комплексу, на очисних спорудах, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах.

До надзвичайних ситуацій природного характеру зараховуються небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, пожежі в природних екосистемах, зміни стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність та масове отруєння людей, інфекційні захворювання сільськогосподарських тварин, масова загибель диких тварин, ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками.

Надзвичайні ситуації соціального характеру пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування - збройні напади, захоплення і утримання важливих об'єктів або реальна загроза вчинення таких акцій; збройні напади, захоплення і утримання атомних електростанцій або інших об'єктів атомної енергетики або реальна загроза вчинення таких акцій; замах на керівників держави та народних депутатів України; напад, замах на членів екіпажу повітряного або морського (річкового) судна, викрадення або спроба викрадення, знищення або спроба знищення таких суден; захоплення заручників із числа членів екіпажу чи пасажирів, встановлення вибухового

пристрою в громадському місці, установі, організації, підприємстві, житловому секторі, на транспорті; зникнення або викрадення озброєння та небезпечних речовин з об'єктів зберігання, використання, переробки та під час транспортування; виявлення застарілих боєприпасів, аварії на арсеналах, складах боєприпасів та інших об'єктах військового призначення з викидом уламків, реактивних та звичайних снарядів, нещасні випадки з людьми.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування звичайної зброї або зброї масового ураження, під час якої виникають вторинні фактори ураження населення.

Критеріями визначення рівня надзвичайної ситуації є територіальне поширення, обсяги технічних і матеріальних ресурсів, які необхідні для ліквідації її наслідків, кількість постраждалих людей, порушення їх умов життєдіяльності та розмір заподіяних або очікуваних збитків.

На завершення слід зазначити, що остаточне рішення щодо рівня надзвичайної ситуації приймає спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади, Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Це рішення у разі потреби може погоджуватись із центральними органами виконавчої влади

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах кваліфікаційної роботи було представлено результати теоретичних досліджень та вирішено науково-технічну проблему, що полягала у розробці гібридної системи електропостачання з високим рівнем надійності. Виходячи з отриманих результатів, можна зробити наступні висновки:

1. Зроблено аналіз існуючих гібридних систем електропостачання житлових будинків, визначено їхні переваги та недоліки.
2. Розроблено різні варіанти електропостачання житлового будинку.
3. Досліджено можливості використання дизель-генераторів, мікро-ГЕС різної потужності, вітрових та сонячних установок, а також здійснено оцінку їхньої економічної ефективності.
4. Виконано розрахунки параметрів акумуляторних батарей, сонячних панелей та вітрогенераторів для забезпечення автономного енергопостачання, визначено їх типи, технічні характеристики та оптимальну кількість для встановлення.
5. Розроблено систему електропостачання на основі фотоелектричної установки із підбором необхідного обладнання та комплектуючих.
6. Спроектовано структуру гібридної енергосистеми, проведено розрахунки та вибір обладнання для її ефективного функціонування з урахуванням синергетичного ефекту.
7. Визначено оптимальну схему внутрішнього електропостачання будинку, підібрано відповідне обладнання та кабельну продукцію.
8. Виконано розрахунки щодо забезпечення житлового будинку електроенергією, оцінено витрати на автономну систему енергозабезпечення та визначено річну економію від впровадження запропонованого рішення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зелена Трансформація України - Зелена Трансформація України.
URL: <https://greentransform.org.ua/ukrayina-shvalyla-energetychnu-strategiyu-do-2050-roku/?print-posts=pdf> (дата звернення: 15.11.2023).
2. Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL: <https://enerhodzherela.com.ua/analitika/>
3. Терпелюк, І. В. (2023). Енергоефективність використання відновлювальних джерел енергії для енергопостачання автономних споживачів (Bachelor's thesis, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя).
4. Коваль, В., Оробчук, Б., Буняк, О., & Гетманюк, В. (2024). Робота фотоелектричної станції на основі гібридного інвертора з різною ємністю системи накопичення електроенергії. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 343(6(1), 208-214.
5. Тикул, О. О. (2024). Розробка автономної інтегрованої системи електропостачання локальних об'єктів з використанням відновлювальних джерел енергії.
6. Коваль В. П. Енергетична ефективність систем позиціонування плоских сонячних панелей / В. П. Коваль, Р. Р. Івасечко, К. М. Козак // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2015. – № 3. – С. 2-10 2.
7. Імітаційна модель комбінованої електроенергетичної системи з відновлюваними джерелами енергії / Кубкін М. В., Солдатенко В. П. - С. 192-202. Використання відновлювальних джерел енергії передовими країнами світу / Біловід В. Д. - С. 20-24
8. Рожко А. О. Перспектива використання відновлювальних джерел енергії в Україні: потенціал та можливості використання / Рожко А. О. - С. 25-28
9. Коваль В.П. Автоматизована вимірювальна установка для дослідження електричних характеристик фотоелектричних модулів / В.П.

Коваль, Б.Я. Оробчук, Я.М. Осадца, Л.М. Костик // Вісник Хмельницького національного університету – 2022. - №5. – С.168–173.

10. Чаплій, Д., & Бабюк, С. (2024). Використання гібридного гістерезисного контролю для покращення характеристик LLC перетворювачів. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 337(3(2), 119-125.

11. Orobchuk, B., Babiuk, S., Buniak, O., Sysak, I., Kostyk, L., Nakonechniy, M., & Filiuk, Y. (2023). Development of an educational laboratory stand at the base fast-acting automatic reserve input. Вісник Тернопільського національного технічного університету, 112(4), 12-25.

12. Нгепі, С. Л. (2024). Розробка комбінованих електроенергетичних систем та оцінка ефекту від їх застосування для об'єктів малого електроспоживання.

13. Orobchuk, B., Sysak, I., Babiuk, S., Rajba, T., Karpinski, M., Klos Witkowska, A., ... & Gancarczyk, J. (2017, September). Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. In 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS) (Vol. 1, pp. 210-214). IEEE.

14. 17. Orobchuk, B., Buniak, O., Sysak, I., Babiuk, S., Bodnarchuk, I., & Koval, V. (2024). Development of Software for the Implementation of Automated Reserve Input Modes Operation.

15. IKI-50_1F R2. Kries-Energietechnik. URL: <https://www.kries.com/en/products/iki-line/station-control-units/1523/iki-50-1f-r2> (date of access: 14.10.2024).

16. Оробчук Б., Братковський Н, Семенюк В. Дослідження перехідних процесів при замиканнях на землю // VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ -Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя 2017 р.

17. Bogdan Orobchuk, Serhii Babiuk, Oleh Buniak, Ivan Sysak, Liubov Kostyk, Myroslav Nakonechniy, Yaroslav Filiuk, Development of an educational

laboratory stand at the base fast-acting automatic reserve input, Scientific Journal of TNTU, 2023, Vol 112, pp. 12–25

18. ДСТУ EN 50160:2014 Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності (EN 50160:2010, IDT)

19. Якість електроенергії та її вплив на електроспоживання і надійність роботи електроустаткування // PATRIOT-NRG. Міжнародний портал з енергозбереження [Веб-сайт]. - Київ. - URL: <https://patriot-nrg.com/content/yakist-elektroenergiyi-ta-yiyi-vplyv-na-elektrospozhyvannya-i-nadiynist-roboty> (дата звернення: 23.10.2023).

20. Буняк, О., Бабюк, С., & Сисак, І. (2019). Інтелектуальний пристрій автоматичного регулювання параметрів електромережі. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 268-270.

21. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.

22. Коваль В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи магістра для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 51 с.