

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

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 13 » 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 Марценюку Сергію Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інтелектуальна система електропостачання для фермерського господарства

Керівник роботи Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н.
(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 Основні характеристики інтелектуальних систем електропостачання, опис об'єкта електропостачання, навантаження основних електроспоживачів, середньодобове Споживання електричної енергії у літній та зимовий періоди.

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)

Розподіл споживання електроенергії побутовими споживачами протягом доби. Розподіл споживання електроенергії виробничо-складських приміщень. Алгоритм оптимізації гібридної електростанції. Вибір робочою напруги сонячної електростанції. Сонячна батарея. Основні вузли вітрогенераторної установки. Інвертор для роботи з сонячними панелями та вітроелектростанцією. Схема інтеграції БАП в електричну мережу. Дизель-електрична установка. Структурна схема гібридної електростанції

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 13 листопада 2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.11.2023	
2	Аналітичний розділ	25.11.2023	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	20.11.2023	
4	Проектно-конструкторський розділ	15.12.2023	
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)

Марценюк С. Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Марценюк Сергій Юрійович – Інтелектуальна система електропостачання для фермерського господарства.

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Стор.– 62; рис. - 17; табл. - 8; слайдів - 15; джерел - 22; додатків - 2.

В даній кваліфікаційній роботі здійснено розробку пропозицій щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства.

Для проектованої гібридної станції обрано «класичне» компонування, що включає вітрогенератор, сонячні панелі, дизель-електричну установку, акумуляторний енергоблок, контролер, інвертор.

При розробці структурної схеми та виборі компонентів гібридної електростанції застосували власні дані про електричні навантаження та дані інформаційних джерел про сонячну та вітряну обстановку в західній частині України:

Представлено розробку методології застосування гібридних систем електропостачання фермерського господарства, та розроблено алгоритм оптимізації гібридної електростанції

Ключові слова: ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ГІБРИДНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ДИЗЕЛЬ-ЕЛЕКТРИЧНА УСТАНОВКА.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Основні поняття та визначення інтелектуальних систем електропостачання	10
1.2 Основні концептуальні положення інтелектуальних систем електропостачання	14
1.3 Передумови виникнення інтелектуальних мереж	15
1.4 Основні підходи до проектування інтелектуальних систем електропостачання	16
1.5 Переваги використання технології Smart Grids	18
1.6 Висновки до розділу 1	19
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Опис об'єкта електропостачання	21
2.2 Зовнішнє електропостачання	25
2.3 Розробка методології застосування гібридних систем електропостачання фермерського господарства	26
2.4 Висновки до розділу 2	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Розробка структурної схеми гібридної електростанції та вибір генеруючих пристроїв	36
3.1.1 Розрахунок та вибір фотоелементів	36
3.1.2 Підбір вітрогенератора	40
3.1.3 Розрахунок та вибір акумуляторного блоку	43
3.1.4 Вибір блоку керування	45
3.1.5 Вибір дизель-електричної установки	49
3.1.6 Структурна схема	50
3.2 Висновки до розділу 3	51

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	52
4.1 Ризики ураження електричним струмом	52
4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60

ВСТУП

Актуальність проблеми. Інтелектуальні системи електропостачання надають користувачам інструменти для горизонтальної та вертикальної інтеграції генеруючих потужностей з метою зробити процес виробництва, передачі та споживання електричної енергії більш стабільним, надійним, децентралізованим. Для цього залучаються інформаційні та цифрові технології, без яких створення таких систем просто неможливе [1].

На базі цифрових технологій створюються цифрові прилади телемеханічного контролю та управління, формуються інформаційні канали обміну даними, нові інтелектуальні блоки управління та контролю тощо. Проектування, монтаж та експлуатація цифрових підстанцій є лише першим кроком у справі цифровізації енергооб'єктів та створення цифрових енергокомплексів. В даний час цифрові технології міцно посіли своє місце в системах диспетчеризації, системах управління режимами електроспоживання. Набутий досвід експлуатації подібних систем обов'язково призведе до глобальнішого застосування цифрових технологій в енергосфері [2].

В багатьох регіонах України розвиваються малі сільські господарства - селянські (фермерські) господарства, індивідуальні підприємці, що займаються сільськогосподарським виробництвом, малі сільськогосподарські кооперативи чи організації, з чисельністю працівників менше 100 людей.

Особливістю забезпечення фермерських господарств електричною енергією є велика віддаленість об'єктів їхньої інфраструктури від існуючих мереж (понад три кілометри). Іноді споживачі електроенергії перебувають у важкодоступних місцях щодо ліній електропередач. При цьому електроспоживання подібних об'єктів фермерського господарства (ФГ) буває мінімальним, що не дає суттєвого приросту корисного відпуску електроенергії. Однак відсутність електропостачання значно ускладнює існування об'єктів фермерського господарств, знижує їх можливості та перешкоджає їх подальшому розвитку [3].

Для вирішення цієї проблеми можна піти двома напрямками [5]. Перше, провести до об'єкта лінію електропередачі (ЛЕП) від мережі. Друге - обзавестися власною електричною станцією (генеруючою потужністю). Розглянемо перший шлях вирішення проблеми.

Будівництво нової лінії електропередач для забезпечення електропостачання ФГ викличе значне зростання тарифів на постачання електроенергії та підвищення кінцевої вартості за одиницю спожитої електроенергії. Крім самого будівництва ЛЕП, додаються операційні експлуатаційні витрати на її обслуговування, які також оплачуватиметься ФГ. Інакше проект просто не буде розглянутий та задоволений. Високі ціни на енергоресурси негативно позначаються на собівартості сільськогосподарської продукції, що виробляється.

Наступною проблемою, що виникає після прокладання нової ЛЕП до ФГ, є перебої з подачею електроенергії. Причому несправності можуть виникнути як у центральній мережі, так і в лінії, що відводить до ФГ. Так як ФГ відносяться тільки до третьої групи електропостачання, то і відновлювати електропостачання ФГ будуть в останню чергу. У разі виникнення форс-мажорних обставин, таких як обрив при сильному вітрі або снігопаді, крадіжка дроту і т.д. відновлення лінії електропостачання може тривати значний час.

Велика протяжність ЛЕП до ФГ негативно позначиться на якості електроенергії, що поставляється, адже чим довше провід, тим більше в ньому втрат, рівень напруги починає знижуватися і за певних обставин може опуститися нижче критичного значення. Через це можливі поломки електротехнічного обладнання. Крім великих втрат у ЛЕП, до проблем електропостачання ФГ відносяться такі традиційні неприємності як перепади рівня (стрибки) напруги, завищений або занижений його рівень [6].

Альтернативою першому шляху вирішення проблеми є застосування альтернативних джерел енергії – вітрогенератор, фотоелементи, дизельна електростанція. Кожен із даних джерел пов'язаний і з електромережею ФГ і з блоком акумуляторів. Розподілом потоків електроенергії керує контролер. Коли

є вітер, електрика виробляє вітрогенератор. Коли закінчується вітер, електрика виробляється сонячними панелями. Коли стає темно, в дію вступає дизельна установка. При її відключенні споживач отримує електроенергію, накопичену в акумуляторних батареях за час роботи генеруючих потужностей [5].

Розвиток енергетичної галузі йде у напрямі вирішення двох основних проблем – підвищення надійності енергосистем та зниження шкідливого впливу господарської діяльності людини на навколишнє середовище. Що стосується фермерських господарств, для вирішення обох проблем можна застосувати різні альтернативні джерела енергії, що використовують відновлювані види енергії, такі як енергія вітру, сонця, припливів, термальних джерел. Для інтеграції цих нових джерел електроенергії в існуючі електричні мережі призначені технології Smart grid [7].

Таким чином, розробка пропозицій щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства є актуальним завданням.

Мета і завдання дослідження.

Метою роботи є розробка пропозицій щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати технічну та економічну сторону застосування технології Smart Grid для електропостачання локального об'єкта на прикладі фермерського господарства.

- розробити пропозиції щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства.

Об'єктом дослідження є електрична мережа фермерського господарства.

Предмет дослідження – розробка інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства.

Наукова новизна отриманих результатів.

- Дістало подальший розвиток застосування технології Smart Grid для електропостачання фермерського господарства.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені пропозиції щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства дозволяють провести грамотний вибір комплектуючих, що забезпечують максимальну ефективність при мінімумі витрат.

Апробація.

Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на XII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 6-7 грудня 2023 р., на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

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

Загальний обсяг текстової частини – 62 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні поняття та визначення інтелектуальних систем електропостачання

Інтелектуальні системи електропостачання (ІСЕ) асоціюються насамперед із використанням відновлюваних джерел електричної енергії (ВДЕ) [7].

Концепція використання фотоелектричної енергії.

Найбільшого поширення на сьогоднішній день набула технологія отримання електроенергії від енергії сонця. На перший погляд сонячна енергія недоступніша, але при цьому її об'єм набагато вищий, ніж енергії вітру [4]. Це пов'язано з тим, що без застосування високих сучасних технологій неможливо її перетворити на електричну. Перші комерційні електростанції почали виробляти електричну енергію 1985 року. Вони з'явилися в найбільш розвиненій країні світу на той момент, до того ж області, в якій практично завжди світить сонце, а саме штат Каліфорнія. Перші побудовані у період із 1985 по 1990 рік сонячні електростанції сумарно виробляли 354 МВт електричної енергії [8]. Більшість з перших фотоелектричних станцій працюють і по сьогодні, що підтверджує можливість широкого використання фотоелектричних станцій, а також їх високу надійність і тривалий ресурс експлуатації. Значне зростання кількості побудованих автостанцій припадає вже на ХХІ століття. Починаючи приблизно з 2005 року, у багатьох країнах світу почали активно будуватися сонячні електростанції. Їхня встановлена потужність вже досягає близько 2 гігават. При цьому розвиток технології постійно підвищує коефіцієнт корисної дії фотоелектричних перетворювачів, а значить знижує собівартість виробленої електричної енергії. Для концентрації променистої енергії у фотоелектричних перетворювачах застосовуються технології параболациліндричних колекторів, тарілок Стірлінга та центрального збираючого приймача. Розвиток комерційного сектору фотоелектричних станцій показано рис. 1.1.

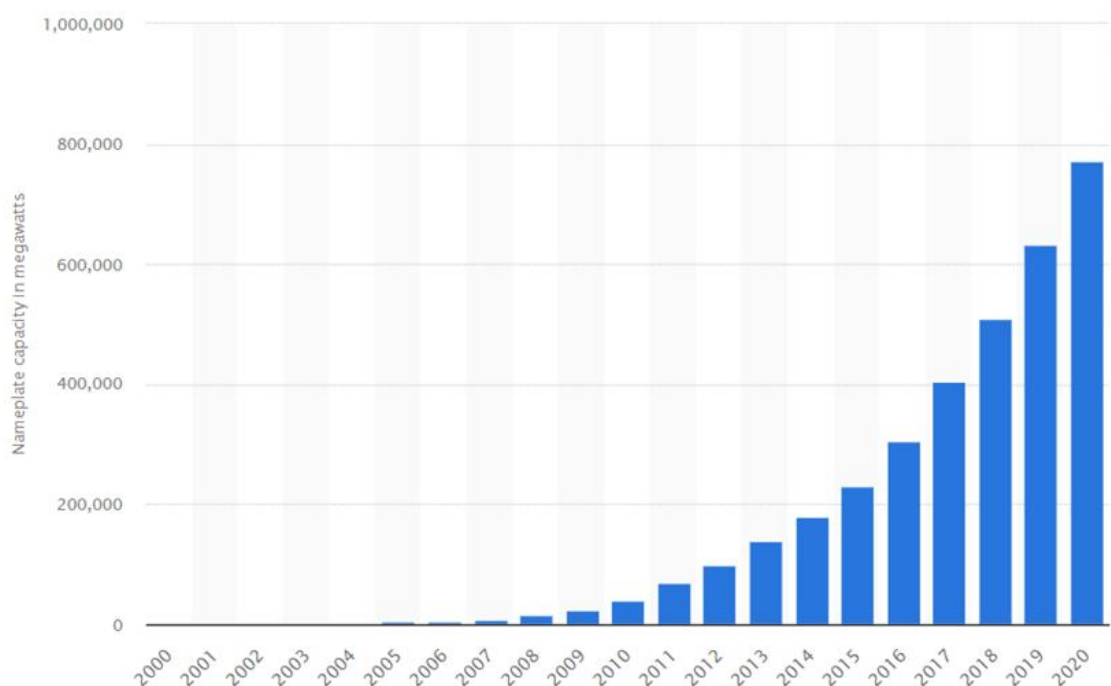


Рисунок 1.1 – Сукупна потужність сонячних станцій у світі

Концепція використання вітряної енергії.

Якщо рахувати енергетику галузю народного господарства, яка займається перетворення різних видів енергії, то вітроенергетика по праву вважається однією з перших енергетичних технологій [9]. Звичайно це не стосується перетворення механічної енергії в електричну зачіпає дуже важливі наукові досягнення, актуальні для свого історичного етапу розвитку. Насамперед, це звичайно ж перетворення енергії вітру на поступальний рух кораблів за рахунок вітрила. По-друге, передача обертання жорнам млинів від вітряних коліс. Як тільки з'явилася електрична машина здатна перетворювати обертальний рух в електричну енергію, одразу ж були прийняті спроби використовувати для обертання валу вітряні колеса [9]. Відтоді вітроенергетика зробила значний крок у розвитку. В даний час вітроенергетика активно розвивається майже у всіх країнах світу і генератори, що обертаються від сили вітру, виробляють близько 550 ГВт електричної енергії.

Технічний потенціал вітрової енергії в Україні оцінюється понад 320 ГВт [9].

Узбережжя Чорного та Азовського морів, гористі райони Кримського

півострова (особливо північно-східне узбережжя) і Карпат, Одеська, Херсонська, Запорізька, Донецька, Луганська і Миколаївська області найбільш підходять для будівництва вітрових електростанцій. Тільки потенціал Криму достатній для виробництва більш ніж 40 млрд кВт·год. електроенергії щороку. [10].

Сумарна встановлена потужність вітрових електростанцій в Україні на 2021 рік становить 5000 МВт.

Найбільші вітроелектростанції на території України:

- Ботієвська ВЕС, сумарна потужність 200 МВт;
- Приморська ВЕС, 200 МВт;
- Дмитрівська ВЕС, 35 МВт;
- ВЕС Старий Самбір – 2 20,7 МВт.

Якщо існують та розвиваються ВДЕ, то виникла потреба в управлінні їхньою роботою, як автономною, так і у складі якоїсь системи електропостачання. Системи, призначені для управління ВДЕ, назвали розумними або інтелектуальними мережами, а в англійському варіанті Smart grids.

Концепція використання Smart Grids [7].

Масова згадка про розумні електромережі припадає на 2002 рік. В даний час існує кілька назв цього перспективного напрямку розвитку енергетики:

- розумна мережа;
- сильна мережа;
- інтелектуальна мережа;
- активно-адаптивна мережа.

У найзагальнішому вигляді їм можна надати таке визначення. «Це комплекс технічних засобів, які в автоматичному режимі виявляють найбільш слабкі та аварійно-небезпечні ділянки мережі, а потім змінюють її характеристики та схему з метою запобігання поломці та зниженню втрат.

Тобто дана система має володіти функціями самодіагностики та самовідновлення та використовувати передові технології для підвищення ефективності передачі та розподілу енергії. Виходячи з цього, поняття Smart

Grids включає швидкозростаючий комплекс процесів, пристроїв і додатків, покликаних створити електронні комунікації нового покоління. Можливості широкої інтеграції цифрових технологій, мережі інформаційних потоків для контролю над процесами та системами є ключовими складниками розробки розумних мереж.

Найповнішим визначенням Smart grids, на мою думку, є таке: це електричні мережі, які здатні об'єднувати діяльність усіх залучених учасників (виробників, споживачів та обидві функції суб'єктів) для забезпечення стійкості, економічності та надійності постачання електроенергії. Smart grids застосовують інформаційні та комунікаційні технології для збору даних про генерування та використання електрики та дозволяють автоматично підвищувати економічну вигоду» [9].

Узагальнюючи визначення розумної електромережі, можна сформулювати таке визначення - високорозвинена технологічна система, що об'єднує в собі всіх учасників енергетичного ринку і функціонує за законами цього ринку з мінімальною участю людини [9].

Сьогодні електричні мережі Smart Grid в Україні представлена як активна мережа, що самоналаштовується, яку є можливість відрізнити за її характерними ознаками [9]:

- насиченість системи активними елементами, спеціалізованими змінні структури мережі;
- великий обсяг вимірювальних пристроїв;
- наявність системи на активні елементи системи;
- наявність автоматизованого способу збору, передачі та обробки даних.

Повна автоматизація – це рішення автоматизації опитування контрольного устаткування, а й забезпечення інформаційної трансляції між компонентами предмета енергообліку, до того ж оперативної обробки відомостей про енергоспоживання. Це призвело до вдосконалення автоматизованих систем контролю та обліку електроенергії (АСКОЕ).

1.2 Основні концептуальні положення інтелектуальних систем електропостачання

Своєю появою інтелектуальні системи електропостачання завдячують науково-технічному прогресу, який зробив технології отримання електричної енергії від сонячних променів та сили вітру доступними широкому колу споживачів. Найбільш економічно вигідними з погляду собівартості виробленої електрики є середні за потужністю вітряні і фотоелектричні станції. Невеликі побутові вітряки та сонячні панелі, що виробляють до 10 *kWt* електроенергії на добу, найбільш актуальні для місць, де немає доступу до стандартних електричних мереж та розглядати їх як альтернативу єдиному енергогосподарству не варто [7]. Середня ж за потужністю електростанція задовольняє потреби організацій або приватних осіб, які їх застосували у себе в приватному порядку, і крім того, у певні моменти виробляють незатребувану електроенергію. Поява надлишок електроенергії, що виробляється приватними генеруючими потужностями, поставила питання про їх співпрацю з традиційними електричними мережами. Якщо спочатку йшлося лише про зміну тарифної політики та наданих потужностей, то з розвитком електронної та комп'ютерної техніки співпраця стала повноцінною та двоспрямованою. Головним стало те, що приватні виробники електричної енергії отримали можливість її продажу через традиційні електричні мережі. І ця подія безумовно кардинально змінила всі підвалини, що склалися в електроенергетичній галузі. Розроблені технології взаємодія одержали назву інтелектуальні мережі або в англійській транскрипції Smart Grids [7].

Розглянемо їх основну відмінність від традиційного підходу при взаємодії постачальника та споживача електричної енергії [7]:

- тісна взаємодія силових та мережевих (провідна та бездротова передача інформації) технологій;
- підвищення надійності електричних мереж для кінцевого споживача, рахунок більш своєчасного і, головне, "правильного" втручання в роботу

системи;

- спільний розвиток енергозберігаючих технологій;
- удосконалення систем автономного електропостачання;
- перерозподіл фінансових потоків, у тому числі зміна функцій мережевих компаній, коригування плану розвитку енергетичних систем у бік більшої присутності в ній, а значить їх будівництва та введення в експлуатацію) автономних генеруючих потужностей.

Безумовно, така спільна взаємодія є дуже складною. Щоб врахувати інтереси всіх учасників енергетичного ринку, необхідно зробити велику роботу абсолютно на всіх рівнях, починаючи від єдиного центру управління енергосистемою держави і закінчуючи кінцевими споживачами (будинки, приватні господарства, підприємства). Має бути створено не лише елементну базу, а й інформаційні технології, за допомогою яких реалізовувалися б нові закони управління роботою енергомережі.

1.3 Передумови виникнення інтелектуальних мереж

Як вже було сказано вище, основними передумовами виникнення інтелектуальних мереж є з одного боку розвиток та застосування автономних генераторів електричної енергії, а з іншого боку бажання їх господарів заробити на продажу електрики. А оскільки більше половини автономних генераторів використовують у своїй роботі енергію Сонця або вітру, то йдеться про альтернативні або відновлювані джерела енергії. Тобто поява інтелектуальних мереж не тільки розвиває енергетику, а й дозволяє економити джерела енергії, що не відновлюються, наприклад, вуглеводневе паливо. Поява відносно невеликих генеруючих потужностей, значно впливає на топології електричних мереж [11]. У межах держави топологія електромереж спрямована на передачу електричної енергії з точки її виробництва, в точку її споживання, утворюючи єдину енергосистему, завдяки якій електрична енергія з однієї точки в другу може потрапити по кількох шляхах, тим самим багаторазово підвищуючи

надійність електропостачання. Поява великої кількості автономних генеруючих потужностей, безсумнівно вносить великі зміни в існуючі електричні мережі, доповнюючи її великою кількістю локальних мереж (наприклад, кілька населених пунктів, можуть створити одну на всіх сонячну електростанцію і за рахунок неї вирішити свої проблеми з електропостачання). Єдиний центр вже не зможе керувати роботою таких локальних ділянок електричних мереж і необхідний новий механізм, який би взяв на себе функції управління. Причому він повинен робити це без участі людини. Тільки в цьому випадку використання автономних джерел енергії може принести справді високий економічний ефект від їх застосування.

1.4 Основні підходи до проектування інтелектуальних систем електропостачання

Основним підходом проектування інтелектуальних систем електропостачання можна назвати наступне: "Використовуючи все найкраще, що було в традиційних електричних мережах (надійність, взаємозамінність), доповнити їх новими технологіями (Smart grid, сонячні та вітряні електростанції) і отримати нову, сучасну енергосистему, що задовольняє запити всіх її учасників. б постійно був вітер, світило сонце ресурс акумуляторних батарей був дуже значним і інтелектуальні мережі виглядали б простіше [9]. Но так, як це практично неможливо, то необхідно керуватися трьома основними технологічними процесами:

- виробництвом електроенергії;
- споживанням електроенергії;
- захист автономних мереж від нештатних режимів роботи (КЗ, перевантаження).

Управління виробництвом електричної енергії полягає в наступному [12]:

- забезпечити таке розташування вітряного колеса у просторі, щоб воно оберталося з максимальною частотою;

- забезпечити такий нахил сонячних панелей їхню орієнтацію на сонці щоб ККД фотоелементів була максимальною;

- забезпечити максимальний заряд буферних ємнісних накопичувачів енергії та ін.

Управління споживанням електричної енергії полягає в наступному [12]:

- вибір каналу передачі електричної енергії;
- підключення споживача до джерела електроенергії (вітряк, сонячна панель, бензогенератор, традиційна електромережа); використання якого в даний момент забезпечує мінімальні втрати електроенергії;

- вибирати момент включення постійних електроприймачів (електронагрівник, свердловинний насос тощо) залежно від часу доби, піків навантаження, для оптимізації завантаження генераторів;

- підключення ємнісного накопичувача енергії, якщо потужності основного джерела енергії недостатньо і т.д.

У разі аварійної ситуації управляючі елементи мережі повинні своєчасно відключати аварійний ділянку від локальної електричної мережі, цим виключаючи її ушкодження, а живлення споживача переводити інше джерело енергії [11].

Без тісного спілкування між споживачем та постачальником електричної енергії, для виконання перерахованих функцій потрібні лічильники електричної енергії, датчики струму та напруги з можливістю передачі інформація онлайн та офлайн, потрібні перемикаючі пристрої з можливістю дистанційного керування. І головне, звичайно, це центральний обробний пристрій (комп'ютер) із записаними програмами, що управляють.

«Згідно з аналізом міжнародної дослідницької групи Gartner, основними технологічними трендами застосування ІТ в енергетиці є:

- орієнтація ІТ-постачальників формування доданої вартості клієнтам;
- системи аналізу та прийняття рішень;
- веб-сервіси та Web 2.0;
- мобільні технології;

- надання бізнес-додатків як сервісів;
- інфраструктура інтелектуальних лічильників;
- єдине управління інформацією у масштабах всього підприємства»

Майже кожен кінцевий споживач знайде собі користь від застосування інтелектуальних систем електропостачання. Наприклад, якщо це мале підприємство, то керівництво отримує інструмент безперервного контролю за витратою електроенергії (перевитрата енергії, крадіжка), а статистика за добовими витратами дозволить скоротити витрати на електроенергію. Якщо це приватне домоволодіння, автоматизується процес передачі даних з електrolічильника до мережевої компанії, що дуже зручно при використанні кількох тарифів [9].

1.5 Переваги використання технології Smart Grids

Компанія постачальник електроенергії від створення на території селянського господарства технології Smart Grid отримає можливі переваги [9]:

- зниження витрат енергоресурсів;
- зниження прострочок платежів та повноти платежів за споживану електричну енергію;
- керування нерівномірністю споживання електричного навантаження;
- збільшення якості інтеграції електростанцій поновлюваної генерації та розподіленої генерації до енергосистеми;
- підвищення стійкості функціонування енергосистеми у разі виникнення нештатних ситуацій, таких як вихід з ладу одного з генеруючих пристроїв, замикання в якомусь контурі, що викликало несправність частини електроустаткування;
- підвищення наочності роботи об'єктів мережної інфраструктури.

Фермерське підприємство від впровадження на своїй території системи Smart Grid набуде наступних переваг:

- комп'ютеризована мережа генерації, постачання та споживання електроресурсів - мінімальний вплив людини на процеси, що відбуваються в енергосистемі;
- отримання максимальної інформації про згенеровану та передану електроенергію в будь-якому контексті: ефективності, втрат або економічної вигоди;
- підвищення надійності електропостачання, за рахунок забезпечення прихованого від споживача переведення навантаження на іншу генеруючу потужність при відмові головного живлення. Використання резервних ліній живлення підвищує безперебійність подачі електроенергії, що знижує можливість його виходу з ладу при кидку пускового струму;
- підвищення "ефективності" мережі в цілому завдяки зменшенню втрат у проводах та більш оптимізованого розподілу навантаження, вибираючи для великих електроприймачів ефективні (меншої довжини) маршрути підключення;
- реалізація сучасного інтерфейсу обміну інформацією споживачів енергії із її постачальниками;
- збільшення якості енергоресурсів;
- ймовірність для споживача бути рівноцінним учасником енергетичного ринку;
- розширені можливості для споживачів щодо регулювання енергоспоживання та зменшення рівня платежів за спожиті енергоресурси від зовнішнього електропостачання.

1.6 Висновки до розділу 1

Аналіз інформаційних джерел показав, що в даний час використання відновлюваних елементів енергії в умовах фермерських господарств практично відсутнє. Ці сільськогосподарські підприємства змушені використовувати найпоширеніші способи одержання електричної енергії. Використання

промислової енергії підвищення температури води має найпростіший вигляд, тобто. використовуються саморобні ємності, забарвлені у чорний колір. Також нерідко відсутнє використання холодильників та морозильних камер для зберігання виробленої продукції або для охолодження молока. Не використовується у фермерів і парникове господарство через низький рівень застосування відновлюваних джерел отримання електрики. А при пасовищному утриманні великої рогатої худоби життєдіяльність фермерських підприємств може протікати без будь-якого енергопостачання, при цьому використання технологічних машин для прискорення виконання технологічних процесів неможливе. Тому розвиток альтернативних технологій отримання електроенергії має значення для фермерських господарств.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Опис об'єкта електропостачання

У даній роботі об'єктом електропостачання є фермерське господарство. Споживачі електроенергії змішані, і житлові (побутові) приміщення (табл. 2.1, рис. 2.1), і виробничо-складські (табл. 2.2, рис. 2.2).

Таблиця 2.1 – Навантаження основних електроспоживачів житлових (побутових) приміщень

Назва електроприймача	Номінальна потужність, кВт	К-сть, шт	Тривалість роботи, год	Сумарна потужність одночасно-змінної роботи, кВт	Витрата енергії за добу
Холодильник	0.13	1	7	0.13	0.91
Освітлення	0.039	3	9	0.09	1.1
Освітлення	0.012	3	11	0.05	0.54
Кондиціонер	1.6	1	3 05 по 09 місяць. по 4 год.	1.6	6.4
Зарядний пристрій для акумуляторного тримера	0.22	1	5	0.22	1.1
Насос занурювальний	0.35	1	Вдень 1.5 год	0.35	0.53
Освітлення території	0.06	2	10	0.12	1.2
РАЗОМ					
Середньодобове споживання				2.56	11.78
За зимовий період				0.91	4.87

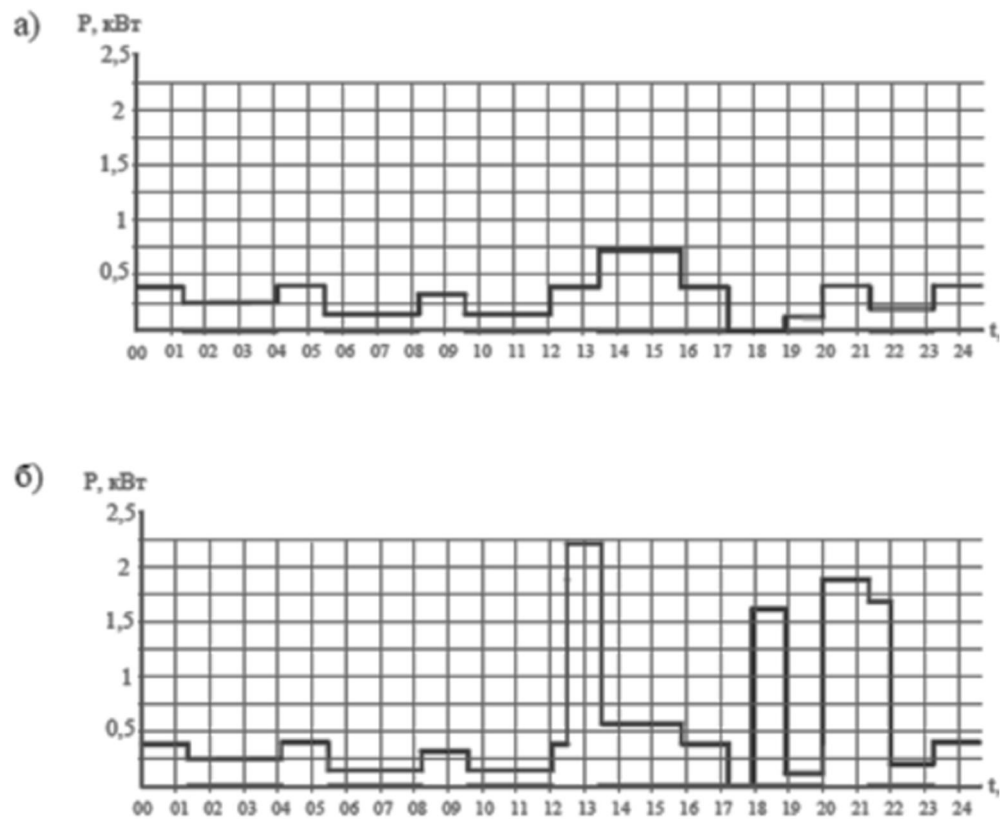


Рисунок 2.1 – Розподіл споживання електроенергії побутовими споживачами протягом доби: а) взимку; б) влітку

Таблиця 2.2 – Навантаження основних виробничо-складських приміщень

Назва електроприймача	Номінальна потужність. кВт	К-сть. шт	Тривалість роботи. год	Сумарна потужність одночасно-змінної роботи. кВт	Витрата енергії за добу
1	2	3	4	5	6
Обігрівач	4	2	листопад-квітень/24	8	192
Кормороздавальник	0.7	9	6	2.8	67.2
Автоматична поїлка	1.6	1	24	1.6	38.4
Доїльні установки	3.2	1	6	0.8	19.2
Холодильні установки для зберігання молока	0.3	2	24	0.6	14.4
Система вентиляції	0.7	2	24	1.4	33.6
Встановлення бактерицидного знезараження	0.1	1	24	0.1	2.4

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6
Насос дренажний	2.8	1	6	0.7	2.8
Дробарка	1.8	1	вдень/1	1.8	1.8
М'ясорубка	2.2	1	вдень/1	2.2	2.2
Змішувач	2	1	вдень/1	2	2
Гранулятор комбікорму	2.5	1	вдень/1	2.5	2.5
Насос свердлильний	5.5	1	вдень/1.5	5.5	8.25
Інкубаційні апарати	0.3	8	зимовий час/24	2.4	57.6
Освітлення інкубатора	0.4	2	12	0.8	9.6
Освітлення основного тваринницького корпусу	0.2	20	12	1.5-2.0	48
Разом				32.4	501.95

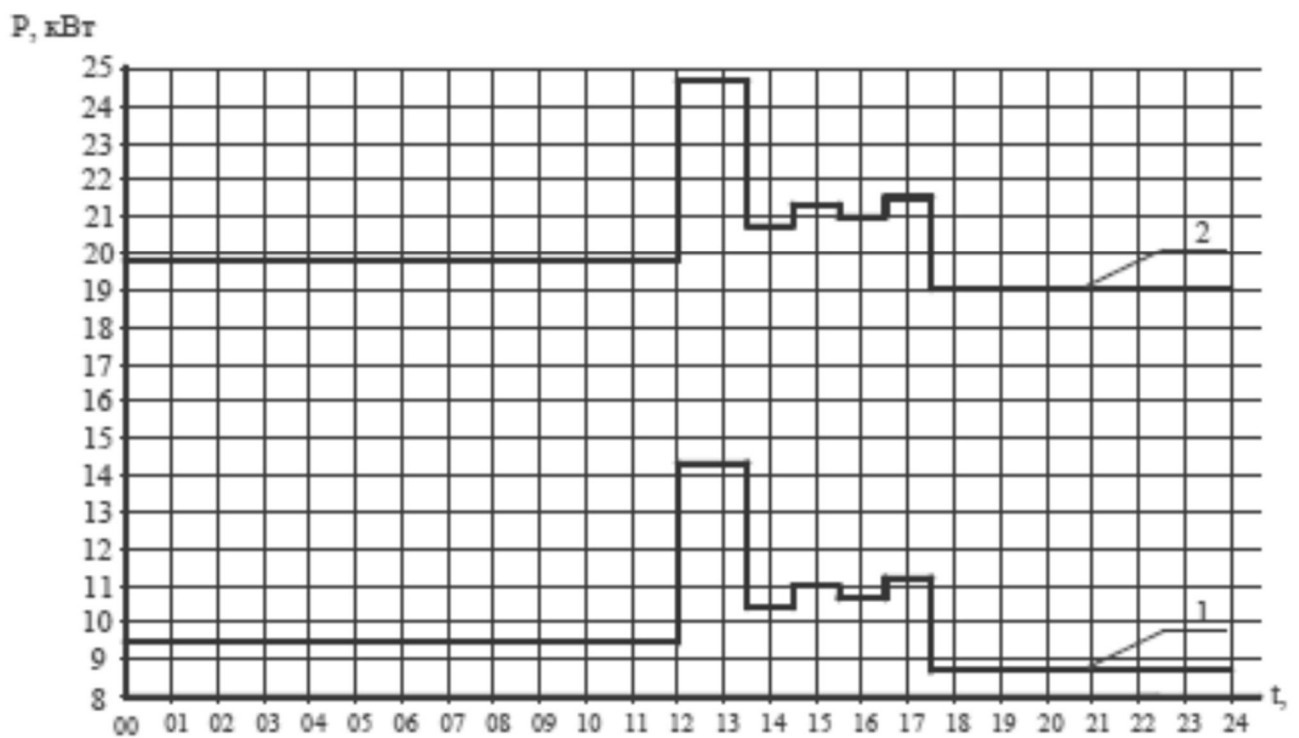


Рисунок 2.2 – Розподіл споживання електроенергії виробничо-складських приміщень: 1 – влітку; 2 – взимку.

Результати аналізу основних електричних навантажень за основними характеристиками зведено у табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Результати аналізу графіків електричних навантажень.

Показник	Фермерське господарство			
	Виробничо-складські приміщення		Побутові споживачі	
	Весна літо	Осінь зима	Літо	Зима
1. Максимальний діапазон зміни навантаження DP_{II} , $кВт$	3,5	3,5	1	0.75
2. Межі зміни навантажень DP_{max} , $кВт$	5,5	5,5	2.4	1.0
3. Коефіцієнт нерівномірності, a	0.63	0.76	0.1	0.25
5. Коефіцієнт заповнення, b	0,69	0,86	0.18	0.21
4. Півпікові межі зміни навантажень DP_{III} , $кВт$	3	3	0.75	1.55
6. Тривалість пікового навантаження, T_{max} , $год$	5475		3504	
7. Величина граничної резервованої потужності для споживачів підвищеною надійності, $кВт$	8		0.5	

Показники, представлені у таблиці 2.3, свідчать про достатню рівномірність добової завантаження виробничо-складських споживачів. Також дані таблиці 3 будуть надалі використані для розрахунку та підбору елементів інтелектуальної системи електропостачання.

Фермерські господарства за надійністю електропостачання відносяться до споживачів III категорії, що погано, оскільки тривала відсутність електричної енергії негативно позначається на зберіганні молочних продуктів та опаленні у зимовий час.

2.2 Зовнішнє електропостачання

За родом струму у будівлі виробничого фермерського комплексу використовуються споживачі, які працюють від лінії змінного струму

Підключення комплектної трансформаторної підстанції до діючих електричних ліній 10 кВ виконано алюмінієвими неізолюваними проводами. На боці низької напруги використані самонесучі ізолювані дроти. Для захисту від імпульсних перенапруг, викликаних атмосферними явищами, на комплектній трансформаторній підстанції розташовані з боку високої напруги вентильні розрядники 10 кВ, а низької напруги - вентильні розрядники 0,4 кВ. Вхідні та вихідні лінії розподільних пристроїв високої та низької напруги захищені високовольтними запобіжниками.

Для захисту обладнання підстанції від можливих аварійних режимів роботи (коротке замикання, перевантаження) РПНН обладнано на стороні 0,38 кВ автоматичними вимикачами з струмовим реле в нульовому дроті та плавкими запобіжниками. Для повного відключення навантаження передбачено рубильник.

У РПНН також знаходиться обладнання для керування вуличним освітленням – контактор, керований сигналом від фотодатчика. Також передбачається можливість примусового увімкнення освітлення повітряним автоматом.

Так як фермерське господарство значно віддалено від діючої лінії 10 кВ, доцільно використовувати власну КТП. Альтернативою є спорудження стовпової підстанції – реалізація транзитної схеми підключення. Транзитна схема передбачає приєднання однофазних трансформаторів для електропостачання невеликих господарств. До однофазної мережі крім однофазних навантажень можна підключати трифазні, наприклад, асинхронні електродвигуни за спеціальними схемами приєднання. Дана схема є трифазно-однофазною системою розподілу електроенергії в сільській місцевості.

Система електропостачання споживачів у сільській місцевості без будівництва *ПЛ 0,38 кВ* ефективніша і для електрифікації фермерських господарств у тому числі.

Організація електрифікації фермерського господарства включає три стадії: проектування, будівельно-монтажні роботи та технічна експлуатація електроустановок

При оптимізації зовнішнього електропостачання виявляють області поєднань електричних навантажень господарства та його віддаленості від джерела живлення, розглядаючи кілька варіантів приєднання до електричної мережі, з яких вибирається оптимальний:

- приєднання до кінця або магістралі діючої *ПЛ 0,38 кВ*, яка проходить по цьому населеному пункту;
- приєднання через окремо споруджувану *ПЛ 0,38 кВ*, що запитується від діючої *ТП 10/0,4 кВ* без заміни або із заміною трансформатора на велику потужність;
- приєднання через споруджені *ТП 10/0,4 кВ* і *ПЛ 10 кВ* (можна за змішаною трифазно-однофазною системою розподілу енергії, розглянутої вище), підключену до діючої *ПЛ 10 кВ*, що найбільш близько розташована до ферми.

2.3 Розробка методології застосування гібридних систем електропостачання фермерського господарства

Енергетичні можливості електростанції на фотоелементах оцінюються формулою:

$$P_{\text{СФЕС}} = P_{\text{ном.ФЕС}} \cdot f_{\text{СФЕС}} \cdot \frac{G_T}{G_{\text{н.у}}} \cdot \left[1 + \alpha_p \cdot (T_c - T_{\text{н.у}}) \right]$$

де $P_{\text{ном.ФЕС}}$ – номінальна кількість електроенергії, що виробляється фотоелементами;

f_{CFEC} – поправочний коефіцієнт, що враховує зниження кількості електроенергії без застосування буферного ємнісного накопичувача енергії [13];

G_T – кількість сонячної енергії, що досягла поверхні фотоелементів, $\text{Вт} / \text{м}^2$;

$G_{н.у}$ – кількість сонячної енергії, що досягла поверхні фотоелементів в ідеальних умовах. У розрахунках можна прийняти $G_{н.у} = 1000 \text{ Вт} / \text{м}^2$;

T_c – температура фотоелементів у момент вироблення електрики, $^{\circ}\text{C}$ [13];

α_p – коефіцієнт, що враховує вплив температури на коефіцієнт корисної дії фотоелементів, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$T_{н.у}$ – Температура, до якої наводиться нагрівання фотоелемента. У розрахунках приймаємо $T_{н.у} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Кількість електроенергії, що виробляється фотоелектричною станцією:

$$E_{\text{CFEC}} = P_{\text{CFEC}} \cdot t_{\text{св}}$$

При використанні буферного накопичувача енергії вихідна потужність фотоелектричної станції зменшується на величину втрат у накопичувачі:

$$P_{\text{номCFEC}} = \frac{E_{\text{CFEC}}}{K_{\text{CFEC}} \cdot t_{\text{нік.осв}} \cdot [1 + \alpha_p \cdot (T_c - T_{н.у})]},$$

де $t_{\text{нік.осв}}$ – освітленість поверхні фотоелементів у години пік;

K_{CFEC} – сумарний коефіцієнт втрат на всьому шляху проходження електроенергії до споживача.

$$t_{\text{нік.осв}} = \frac{G_T}{G_{н.у}} \cdot t_{\text{св}}$$

де $t_{\text{св}}$ – тривалість світлового дня, год.

$$K_{\text{CFEC}} = f_{\text{CFEC}} \cdot \eta_{\text{зн}} \cdot \eta_{\text{акб}},$$

де $\eta_{\text{зн}}$ – коефіцієнт втрат у зарядному пристрої;

$\eta_{\text{акб}}$ – коефіцієнт втрат у буферному ємнісному накопичувачі енергії.

Таким чином, підсумкова потужність фотоелектричної станції:

$$P_{\text{номФЕС}} = \frac{H}{K_{\text{СФЕС}} \cdot t_{\text{нік.осв}}},$$

де H – кількість електроенергії, що споживається фермерським господарством за добу, $\text{Вт} \cdot \text{год} / \text{добу}$.

Енергетичні можливості вітроелектростанції оцінюються усередненим значенням потужності на валу вітрогенератора:

$$P_{\text{BEY}} = 0,5 \cdot \xi \cdot \rho_{\text{нов}} \cdot v_{\text{мін}}^3 \cdot p(v) \cdot A_{\text{обдуг}},$$

де ξ – коефіцієнт втрат у вітрогенераторі;

$\rho_{\text{нов}}$ – густина повітря в точці його дотику до лопатей вітряка $\text{кг} / \text{м}^3$ [13];

$v_{\text{мін}}$ – мінімальна швидкість вітру в районі встановлення вітрогенератора, $\text{м} / \text{с}$;

$p(v)$ – коефіцієнт розподілення сили вітру;

$A_{\text{обдуг}}$ – площа вітроколеса, яка обдувається, м^2 .

Інший спосіб оцінки енергетичної можливості вітроелектростанції використовує величину кількості електроенергії, яку генератор має виробити [13].

$$P_{\text{BEY}} = \frac{H}{t_{\text{доб}} \cdot K_{\text{BEY}}},$$

де $t_{\text{доб}}$ – час роботи вітрогенератора за добу, год;

K_{BEY} – сумарний коефіцієнт втрат:

$$K_{\text{BEY}} = \eta_{\text{ног}} \cdot \eta_{\text{зн}} \cdot \eta_{\text{акб}} \cdot \eta_{\text{інв}},$$

де $\eta_{\text{ног}}$ – втрати, пов'язані з погіршенням погодних умов;

$\eta_{\text{інв}}$ – втрати в інверторі.

$$A_{\text{обдуг}} = \frac{H}{Z_{\text{BEY}} \cdot v_{\text{мін}}^3 \cdot K_{\text{BEY}}},$$

де Z_{BEY} – коригуючий коефіцієнт, $\text{кг} \cdot \text{год} / \text{м}^3$

$$Z_{\text{BEY}} = 0,5 \cdot \xi \cdot p(v) \cdot T_{\text{доб}} \cdot \rho.$$

Визначимо коригуючий коефіцієнт, прийнявши середньозважені значення параметрів, що входять до попередньої формули $\xi = 0,25$, $\rho = 1,225 \text{ кг} / \text{м}^3$, $p(v) = 6 / \pi$, $T_{\text{доб}} = 24 \text{ год}$ [13].

$$Z_{BEY} = 0,5 \cdot 0,25 \cdot 1,225 \cdot 24 \cdot \frac{6}{3,14} = 7,03 \text{ кг} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

Об'єднаємо фотоелектричну станцію та вітрогенератор у гібридну електростанцію. Тоді її мінімальна потрібна потужність:

$$P_{\text{CFEC}} = A_{\text{обдуг}} \cdot K_{\text{комб.ес}},$$

де $K_{\text{комб.ес}}$ – коефіцієнт приведення двох генеруючих потужностей до їхнього об'єднаного еквіваленту:

$$K_{\text{комб.ес}} = Z_{BEY} \cdot \frac{K_{BEY}}{K_{\text{CFEC}}} \cdot \frac{v_{\text{min}}^3 - v_{\text{max}}^3}{t_{\text{нік.осв.1}} - t_{\text{нік.осв.2}}},$$

де $t_{\text{нік.осв.1}}$ – мінімальна кількість годин, при яких фотоелектричні елементи знаходяться під впливом сонячних променів, год [13];

$t_{\text{нік.осв.2}}$ – максимальна кількість годин, при яких фотоелектричні елементи знаходяться під впливом сонячних променів, год.

Площа вітроколеса гібридної фотовітроустановки, яка обдувається вітром, знаходиться за формулою [13]:

$$A_{\text{обдуг}} = \frac{H}{Z_{BEY} \cdot v_{\text{max}}^3 \cdot K_{BEY} \cdot K_{\text{комб.ес}} \cdot E_{\text{min}} \cdot K_{\text{CFEC}}}.$$

Місткість буферного накопичувача енергії для забезпечення безперебійного електропостачання:

$$q_{\text{АКБ}} = \frac{H \cdot K_{\text{зЕ}} \cdot T_{\text{рез}}}{U_{\text{АКБ}} \cdot D_{\text{вр}}},$$

де $K_{\text{зЕ}}$ – коефіцієнт, який показує можливість буферного накопичувача запасати енергію;

$T_{\text{рез}}$ – час, у якому електроприймачі живляться від АКБ, год [13];

$D_{\text{вр}}$ – діапазон допустимого розряду акумуляторної батареї. Приймаємо до розрахунку від 0,5 до 1,0.

Для резервного живлення, у разі серйозних проблем з постачанням електричної енергії (повне тривала безвітряна погода, похмурі дні, можлива аварія обладнання) додатково доповнимо нашу альтернативну електрогенеруючу установку рідко-паливною генеруючою потужністю (дизель генератором). В такому випадку її потужність:

$$E_{ДГЕ} = 2 \cdot H_{Г} - (E_{BEY} + E_{CFEC}),$$

де E_{BEY} – річна кількість електроенергії, що виробляється вітрогенератором;

E_{CFEC} – Річна кількість електроенергії, що виробляється фотогенератором.

Витрата палива дизель генератора:

$$F = F_0 + F_1 \cdot P_{ДГЕ},$$

де F_0 – витрати палива під час роботи без навантаження, л / год ;

F_1 – середня витрата палива, л / кВт · год ;

$P_{ДГЕ}$ – Номінальна потужність дизель генератора.

Ємнісний буферний накопичувач енергії в гібридній схемі електропостачання грає важливу роль, в першу чергу як елемент, від якого живляться електроприймачі, тобто він є в даній схемі джерелом. Як будь-яка інша акумуляторна батарея, ємнісний накопичувач електроенергії характеризується енергією заряду та енергією розряду:

$$E_{АКБ}(t) = E_{АКБ}(t-1) \cdot (1 - \sigma) - \left[\frac{H(t)}{\eta_{инв}} - (E_{CFEC}(t) + E_{BEY}(t)) \right] \cdot \frac{1}{\eta_{АКБ.з}},$$

де t – поточний момент часу;

$(t-1)$ – попередній момент часу;

$E_{АКБ}$ – накопичена в буферному накопичувачі енергія в момент часу t та момент часу $(t-1)$;

σ – коефіцієнт, що показує зниження накопиченої електроенергії у часі без навантаження;

$H(t)$ – сумарне навантаження гібридної електростанції за час t ;

$\eta_{AKB.3}$ – коефіцієнт корисної дії ємнісного накопичувача енергії за його заряду;

η_{inv} – коефіцієнт корисної дії перетворювача змінної напруги в постійну.

Під зарядом буферного накопичувача енергії мається на увазі такий спільний режим роботи, при якому електроенергії, що виробляється вітряним і фотоелектричним генераторами достатньо для задоволення всього підключеного навантаження. В іншому випадку недостатня частина енергії забирається у ємнісного накопичувача енергії, який переходить в режим розряду.

Режим роботи вітрогенератора можна описати системою рівнянь [13]:

$$P_{BEV} = P(v) = \begin{cases} 0, v < v_{min}; \\ a_1 \cdot v^3 + a_2 \cdot v^2 + a_3 \cdot v + a_4, v_{min} \leq v < v_{min}; \\ b_1 \cdot v^3 + b_2 \cdot v^2 + b_3 \cdot v + b_4, v_1 \leq v < v_{max}; \\ 0, v > v_{max}. \end{cases}$$

де v – середньопоточна швидкість вітру на осі вітрогенератора, $м/с$;

v_1 – скоригована швидкість вітру, $м/с$;

$a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots$ – коефіцієнти корекції, які враховують конструктивні, температурні, анемометричні властивості генератора і навколишнього середовища.

Корекція сили вітру на рівні осі лопатей вітрогенератора проводиться за виразом [13]:

$$v_1 = v_0 \cdot \left[\frac{h_1}{h_0} \right]^m,$$

де h_1 – висота розташування осі лопатей вітрогенератора щодо рівня моря, $м$;

h_0 – висота установки вимірювального анемометра (зазвичай розташовується нижче осі вітрогенератора), $м$;

v_0 – швидкість вітру лише на рівні установки вимірювального анемометра, $м/с$;

m – коефіцієнт приведення сили вітру один до одного при їх вимірі на різних висотах. Даний коефіцієнт є табличною величиною, отриманий за результатами виміру та порівняння сили вітру в різних районах країни, на різних висотах. Наприклад, для західної частини України $m = 0,2$.

Сумарна кількість електричної енергії, яку здатна виробити гібридна електростанція:

$$E_{\text{комб.ЕС}}(t) = E_{\text{СФЕС}}(t) + E_{\text{BEY}}(t).$$

У разі неповного навантаження, кількість електроенергії, що залишилася, невикористаною визначається:

$$E_{\text{невик.}}(t) = E_{\text{комб.ЕС}}(t) - \left\{ E_{\text{инв}}(t) + \frac{E_{\text{АКБmax}}(t) - E_{\text{АКБ}}(t-1)}{\eta_{\text{АКБ.З}}} \right\} +.$$

де $E_{\text{инв}}$ – кількість електричної енергії, що проходить через перетворення в інверторі:

$$E_{\text{инв}} = \frac{H}{\eta_{\text{инв}}}$$

де H – сумарна потужність перетворена інвертором.

У разі перевантаження, кількість електричної енергії, що не вистачає, визначається за формулою:

$$E_{\text{деф}}(t) = H(t) - \left[(E_{\text{СФЕС}}(t) + E_{\text{BEY}}(t)) + E_{\text{АКБ}}(t-1) - E_{\text{АКБmin}}(t) \right] \cdot \eta_{\text{инв}}$$

Можливість недоотримання споживачами електричної енергії оцінюється виразом:

$$L_{\text{деф}} = \frac{\sum_{n=1}^{8760} E_{\text{невик}}(t)}{\sum_{n=1}^{8760} E_{\text{инв}}}$$

де 8760 – рекомендований крок інтервалів часу, що розглядаються, тобто кількість інтервалів, на які діляться добу.

Оцінити ефективність гібридної електростанції можна за двома коефіцієнтами: забезпечення та невикористання:

$$K_{\text{заб}} = 1 - L_{\text{деф}},$$

$$K_{невик} = \frac{\sum_{n=1}^{8760} E_{невик}(t)}{\sum_{n=1}^{8760} E_{комб.ЕС}(t)}$$

У ефективної гібридної станції $K_{об}$ повинен прагнути до одиниці, а $K_{невик}$ – до нуля. Якщо дані коефіцієнт задовольняють споживача, то проводиться додаткова перевірка з визначення собівартості генерованої електроенергії C_E :

$$C_E = \frac{C_{заг.рік}}{H_{рік}},$$

де $C_{заг.рік}$ – сумарні вкладення в основні фонди при будівництві гібридної електростанції.

Залежність струму заряду ФЕ номінальної напруги 48 В на 120 і 360 Вт від часу доби для середньої лінії України представлена на рис. 2.3. Залежність потужності, яка генерується вітрогенератором показано на рис. 2.4.

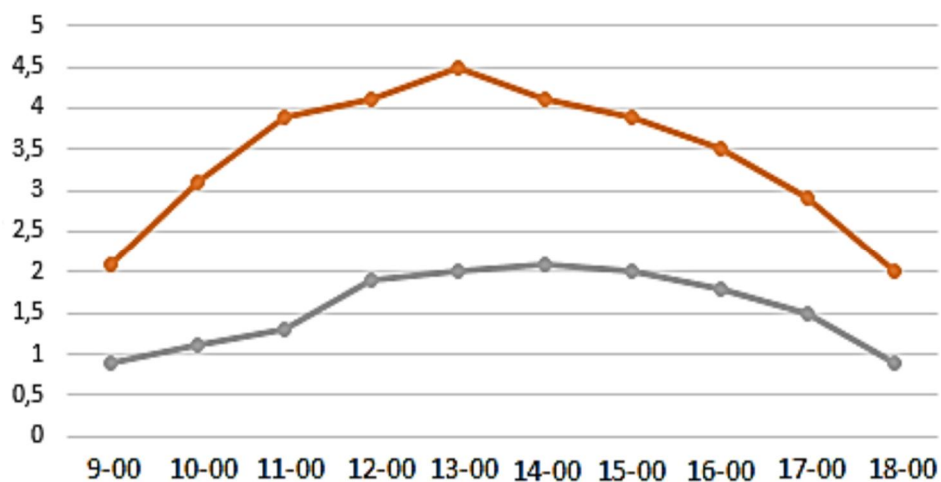


Рисунок 2.3 – Залежність струму заряду ФЕ номінальної напруги 48 В на 120 і 360 Вт від часу доби.

Якщо критерії перевірки незадовільні, необхідно оптимізувати створювану гібридну станцію за алгоритмом рис. 2.5.

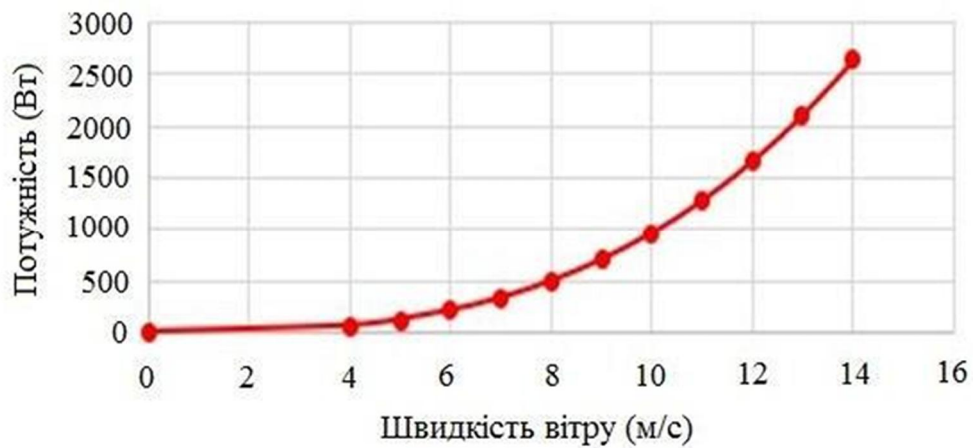


Рисунок 2.4 – Залежність генерованої потужності від швидкості вітру.

2.4 Висновки до розділу 2

В даному розділі здійснено аналіз об'єкту електропостачання. Споживачами електроенергії у фермерському господарстві є змішані приміщення, житлові, побутові, та виробничо-складські.

Дано рекомендації, щодо розробки зовнішнього електропостачання фермерського господарства. За родом струму у будівлі виробничого фермерського комплексу використовуються споживачі, які працюють від лінії змінного струму. Організація електрифікації фермерського господарства включає три стадії: проектування, будівельно-монтажні роботи та технічна експлуатація електроустановок

При оптимізації зовнішнього електропостачання виявляють області поєднань електричних навантажень господарства та його віддаленості від джерела живлення, розглядаючи кілька варіантів приєднання до електричної мережі, було вибрано оптимальний, а саме приєднання через споруджені *ТП 10/0,4 кВ* і *ПЛ 10 кВ*, підключену до діючої *ПЛ 10 кВ*, що найбільш близько розташована до ферми.

Представлено розробку методології застосування гібридних систем електропостачання фермерського господарства.

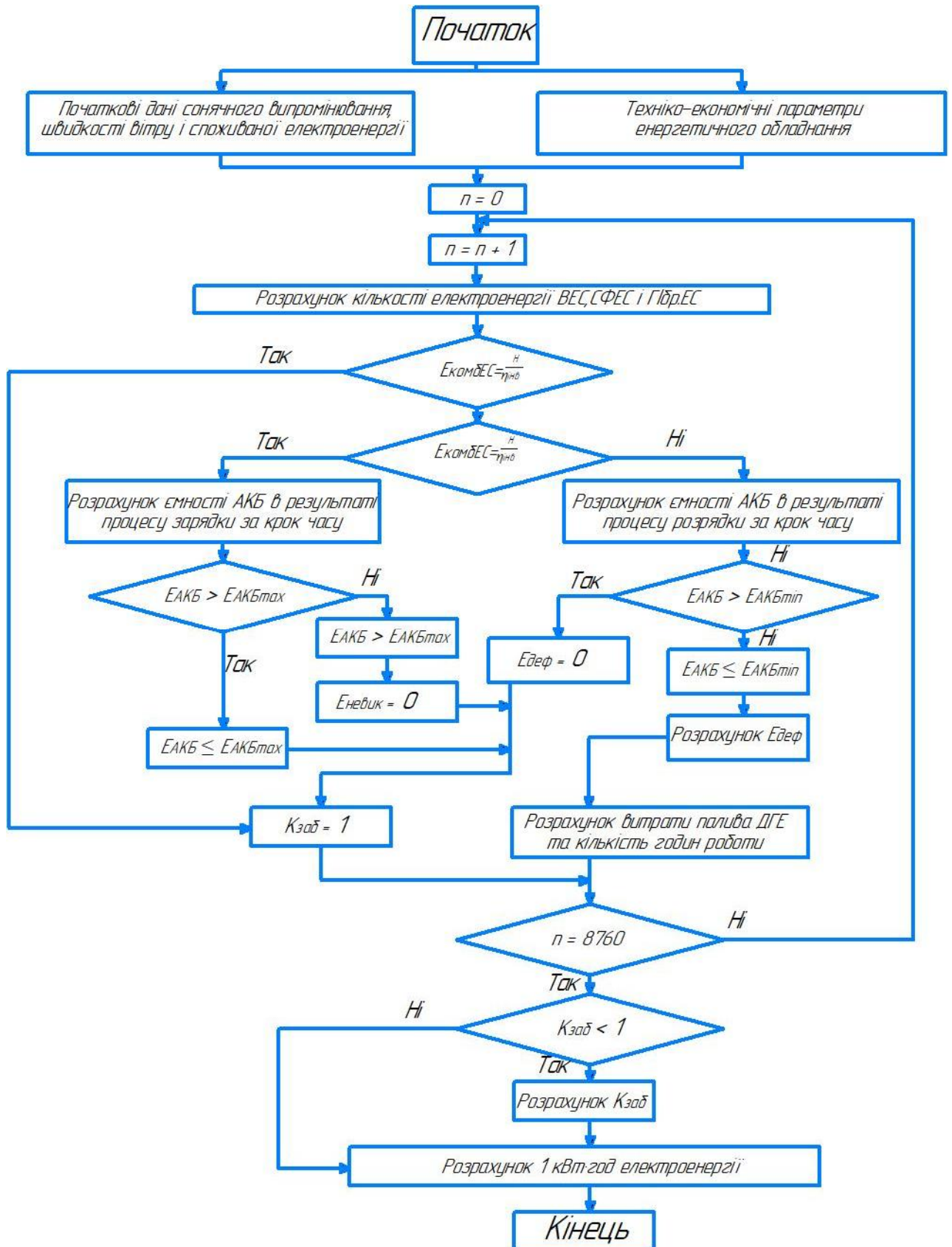


Рисунок 2.5 – Алгоритм оптимізації гібридної електростанції.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка структурної схеми гібридної електростанції та вибір генеруючих пристроїв

Для успішного подальшого вибору генеруючих пристроїв та компонентів гібридної електростанції скористаємося результатами дослідження фотостанцій та вітрогенераторів [13].

При розробці структурної схеми та виборі компонентів гібридної електростанції скористаємося даними про електричні навантаження, які представлені в розділі 2 та про сонячну та вітряну обстановку в західній частині України [14]:

- потужність гібридної електростанції $514 \text{ кВт} / \text{добу}$;
 - середньорічна швидкість вітру від $3,4$ до $4,9 \text{ м} / \text{с}$, що відповідає вітряному потенціалу від $45,99$ до $92,68 \text{ Вт} / \text{м}^2$;
 - показник сонячної активності – потік сонячної енергії у сонячний день становить $700 \text{ Вт} / \text{м}^2$;
 - середньодобовий час освітлення сонячного елемента 8 годин.
- Попередньо приймемо потужність споживання для вітрогенератора 260 кВт , потужність споживання фотоелементів також 260 кВт .

3.1.1 Розрахунок та вибір фотоелементів

Визначимо площу сонячних елементів, якщо електрорушійна сила одного фотоелемента дорівнює $V_0 = 0,5 \text{ В}$, а ефективність ФЕ $\gamma = 2 \cdot 10^{-2} \text{ А} / \text{см}^2$. Електричний струм, що протікає ФЕ визначається за формулою:

$$I = \gamma \cdot P_{CE} = 2 \cdot 10^{-2} \cdot P_{CE}$$

де P_{CE} – площа сонячних елементів.

Підставимо струм у формулу визначення кількості спожитої електроенергії:

$$P = 260 \text{ кВт} \cdot 200 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot P_{CE} = 260 \cdot 10^3 \text{ Вт} \cdot 200 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot P_{CE}$$

Звідси визначаємо необхідну площу СЕ:

$$P_{CE} = \frac{260 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-2}} = 1300 \text{ м}^2$$

Робоча напруга фотоелектричних елементів завжди кратна 12 В [13]. Ця напруга вибрана через те, що акумуляторні батареї з напругою 12 В є найпоширенішими. Звідси використовувані робочі напруги переважної більшості геліосистем, що використовуються, дорівнює 12В, 24В і 48В.

У кожного рівня напруги є свої переваги та недоліки. Так, 48 В дозволяє зменшити переріз проводів через зменшення сили струму, що підвищує загальну надійність системи. Але з іншого боку 48 В виходить послідовним з'єднанням 12В акумуляторів (рис. 3.1) і при виході з ладу одного з них, вся енергосистема виходить з ладу [11].

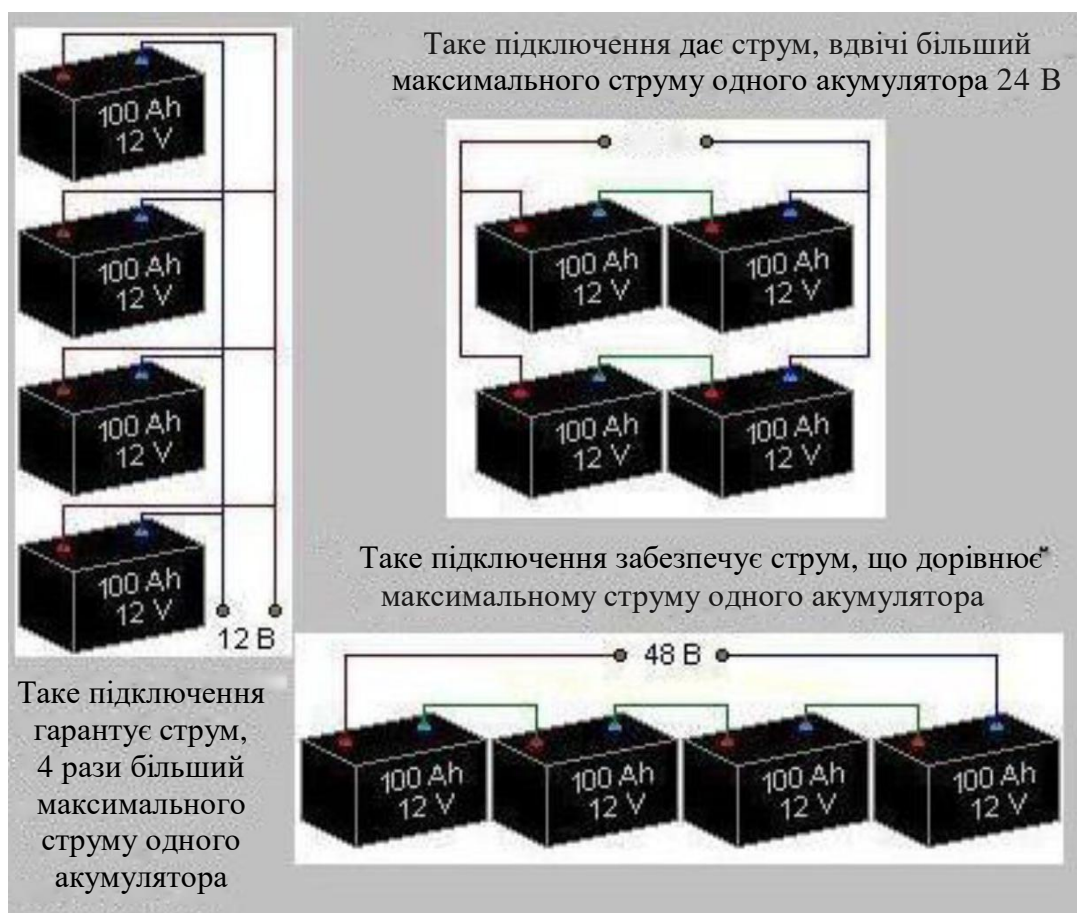


Рисунок 2.1 – Вибір робочою напруги сонячної електростанції

Тому вибираємо для проекрованої комбінованої станції рівень напруги фотоелектричних панелей 48 В .

Для проекрованої станції вибираємо «класичне» компонування, яке докладно описане в [13]. Сонячна батарея перетворює енергію сонця на електричну енергію.

Контролер призначений для регулювання рівня заряду акумуляторів для продовження їхньої працездатності. Як відомо, їх термін служби залежить від перезаряду (закипання від перезаряду) і від розряду нижче певного рівня [13].

Роль акумуляторів, згідно з назвою, акумулювати електричну енергію. У нашому випадку акумулятори накопичують енергію вдень, коли люди перебувають на роботі, і віддають її ввечері та вранці, коли включаються основні споживачі енергії [13].

Роль інвертора у перетворенні генерованої електрики напругою 48 В на напругу, що є номінальною для більшості споживачів електричної енергії – 220 В [13].

Потужність, потрібна від проекрованої сонячної батареї, дорівнює сумарній потужності сонячних модулів $P_C, \text{ Вт}$, яка визначається за формулою:

$$P_C = \frac{1000 \cdot E_{\text{доб}}}{k \cdot C_{\text{inc}}},$$

де $E_{\text{доб}}$ – загальне середньодобове споживання. Відповідно до розрахунків $E_{\text{доб}} = 260 \text{ кВт}$;

1000 – прийнята світлочутливість фотоелектричних елементів, $\text{кВт} / \text{м}$;

k – сезонний коефіцієнт, що враховує всі втрати. Приймається $k = 0,7$ для літнього часу, $k = 0,5$ для зимового часу. Приймаємо до розрахунку найменш сприятливий варіант $k = 0,5$ [13];

C_{inc} – табличне значення інсоляції (поток сонячної радіації) при оптимальному нахилі панелей, $\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{м}$ [13].

Рекомендований кут нахилу сонячних панелей навесні та восени дорівнює значенню широти місцевості. Приймаємо розташування

фермерського взимку на широті 50°. Влітку оптимальний кут зменшується на, а зимою навпаки збільшується. Таким чином, оптимальним буде кут нахилу в 30° влітку і 70° взимку рис. 3.2. Тому оптимальним є експлуатація в двох режимах: «літній» і «зимовий», з переходом з одного на інший у середині осені та весни. Якщо здійснювати цей перехід неможливо з технічних причин, то рекомендується кут нахилу взяти рівним 50°

ОПТИМАЛЬНИЙ КУТ НАХИЛУ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

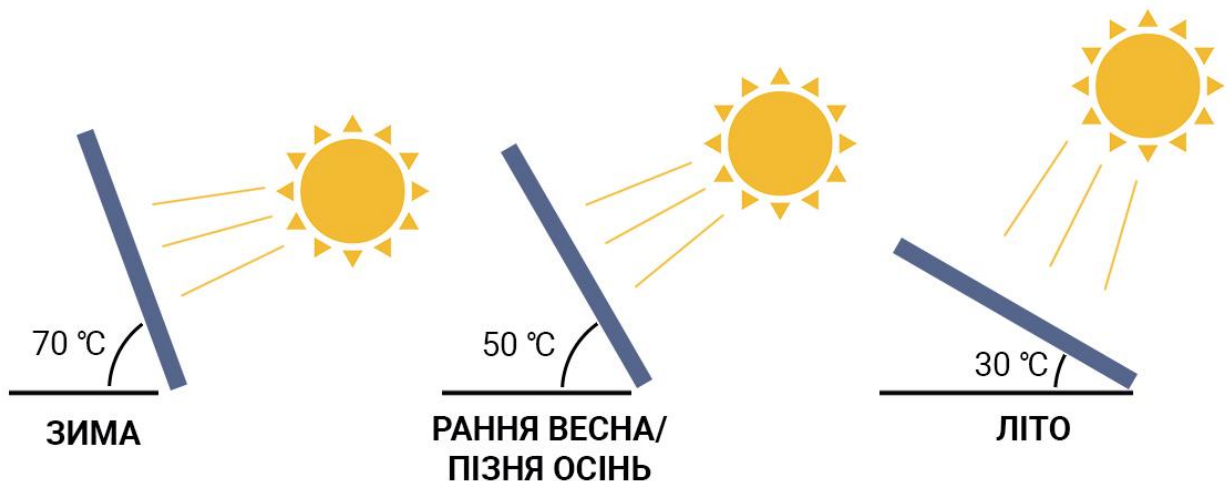


Рисунок 3.2 – Оптимальні кути нахилу сонячних модулів

Таблиця 3.1 Величини інсоляції по місяцях

Міста/Місяці	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Сер.
Тернопіль	1.09	1.86	2.85	3.85	4.84	5.00	4.93	4.51	3.08	1.91	1.09	0.85	2.99

Приймаємо до розрахунку $C_{inc} = 3,06 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$

$$P_c = \frac{1000 \cdot 260}{0,5 \cdot 3,06} = 169934 \text{ Вт}$$

Вибираємо сонячну панель Sunway 48 В 500 Вт (модель SW500M – 96), полікристалічна, вартістю 95\$ (панель потужністю 1 Вт коштує в середньому 0,2\$), виробництва КНР (табл. 3.2, рис.3.3). На користь цього виробника свідчить оптимальне співвідношення «ціна-якість», підтримка гарантійного обслуговування. Кількість необхідних сонячних модулів – шість.

Таблиця 3.2 – Характеристики сонячної батареї SW500M – 96/

Параметр	Величина
Потужність	500 Вт
Номінальна напруга	48 В
Струм при роботі на навантаження	4,5 А
Струм короткого замикання	5,6 А
Температура експлуатації та зберігання	-40...+85 °С
Конектори	MC4
клас захисту	IP 67
ККД сонячного модуля	17.3%
ККД сонячного елемента	18.5%
Сонячні елементи	Grade A, полікристал
Гарантійний термін експлуатації	25 років
Габарити	1482x674x35 мм
Вага	19 кг

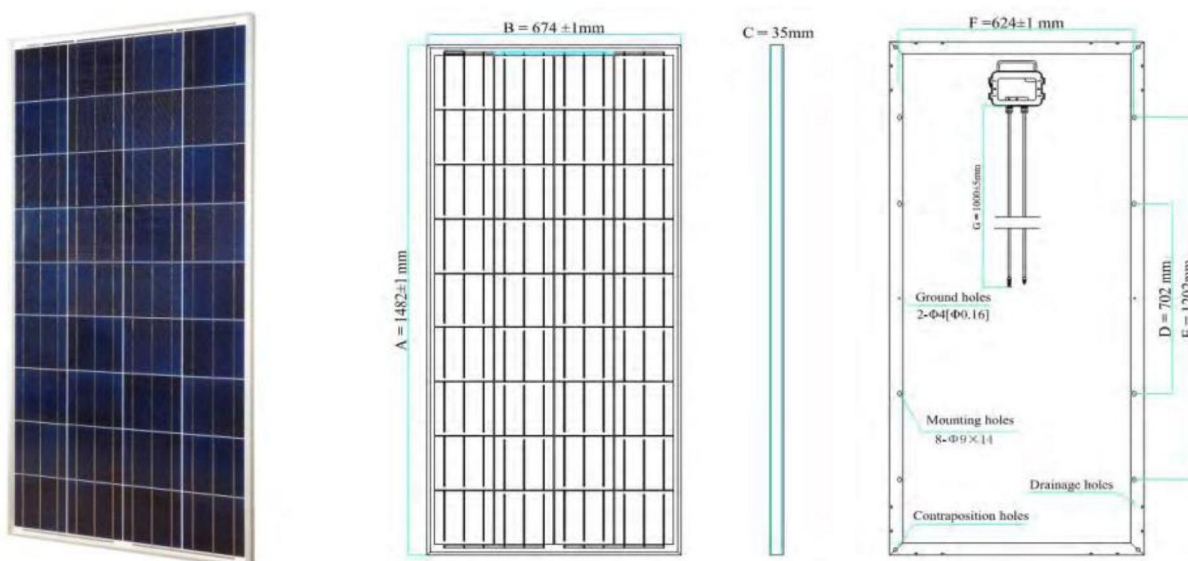


Рисунок 3.3 – Сонячна батарея SW500M – 96

3.1.2 Підбір вітрогенератора

Вибір вітроелектростанції. Так як вітрогенератор на 250 кВт має складну і дорогу конструкцію з великим обсягом будівельних робіт (у тому числі і підземних), то вибираємо для встановлення 5 ВЕС потужністю по 50 кВт. Вибираємо вітрогенератор 50 кВт, *Condor Air 50*. Вітрогенератор потужністю

50 кВт, від фірми *Condor Air* – це високотехнологічний трифазний генератор електроенергії російського виробництва з горизонтальною віссю обертання.

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики *Condor Air 50*.

Параметр	Значення
Діаметр вітроколеса	14,5 м
Висота лопаті	7 м
Номінальна кількість оборотів за хвилину	25-30
номінальна потужність	52 кВт
максимальна потужність	52,5 кВт
Стартова швидкість вітру	2,5 м/сек
Номінальна швидкість вітру	9 м/сек
Робоча швидкість вітру	3 - 20 м/сек
Захист від ураганних вітрів	Автоматична
Автоматичне орієнтування на вітер	Так
Висота щогли	18 м
Маса без щогли	2000 кг
Кількість лопатей	3
Коефіцієнт використання енергії вітру	>0,42
Тип генератора	Трифазний генератор на постійних магнітах
Частота генератора	0 – 50 Гц
Струм із генератора	Змінний
Номінальний струм	100 А
Максимальний струм	110 А
Характеристики інвертора	В залежності від характеристик проекту
Рекомендована кількість АКБ	40
Рекомендована ємність АКБ	200 А година
Ефективність системи перетворення	>0,85
Рівень шуму трохи більше	65 Дб
Гранична швидкість вітру	35 м/сек

Вітрогенератор *Condor Air 50* (табл. 3.2) створений для експлуатації в регіонах з низьким та слабким повітряним потоком. Старт вітрогенератора $P_{ном} = 50 \text{ кВт}$ відбувається при швидкості повітря від 2.5 м/с , а на потужність 50 кВт обертається при 9 м . Температурний діапазон роботи від

–40 до +50 °C у звичайній комплектації і до –55° у виконанні низьких температур. У ціну вітряка включено вартість контролера заряду та щогла.

Основними вузлами генераторної установки є (рис. 3.4): 1 - генератор, 2 - муфта, 3 - мультиплікатор; 4 - гальмівна система; 5 - вал ротора, 6 - ротор.

Структурна схема показана на рис. 3.5.

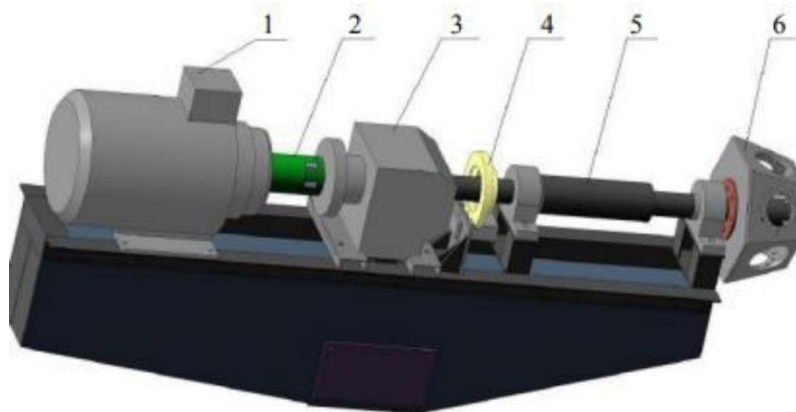
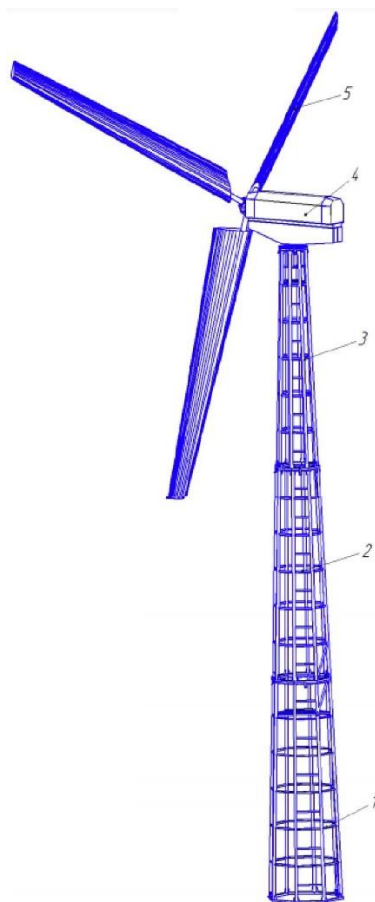


Рисунок 3.4 – Основні вузли вітрогенераторної установки *Condor Air 50*.



1- нижній ступінь щогли; 2- середній ступінь щогли; 3- верхній ступінь щогли; 4 - гондола; 5 - лопать (3 шт.)

Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд ветроелектростанції *Condor Air 50*

3.1.3 Розрахунок та вибір акумуляторного блоку

При виборі акумуляторного блоку враховувалися такі рекомендації [13]:

- використовувати лише спеціалізовані акумуляторні батареї, що мають маркування «*SOLAR*»;
- всі акумулятори повинні мати однакові характеристики, бажано, щоб вони були з однієї партії (тобто куплені одночасно);
- акумулятори повинні обов'язково експлуатуватися в приміщенні з температурою $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, так як за негативної температури її енергетичні характеристики різко падають. Наприклад, за нормальної температури $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ її електрична ємність знижується на 50% ;
- не розряджати акумуляторні батареї менше 70% , критичний розряд, коли починаються незворотні процеси руйнування батареї – 50% ;
- при підборі кількості та ємності акумуляторів уникати недовантаження акумуляторів, що також знижує їхній ресурс;
- ємність акумуляторних батарей має повністю перекривати навантаження темного часу доби.

Для визначення необхідної кількості акумуляторних батарей визначимо енергозапас одного акумулятора. За основу візьмемо акумулятор 48В ємністю 400 А/год . Якщо не брати до уваги його розряд, то за 1 годину роботи даний акумулятор передасть споживачеві загальну потужність $48 \cdot 400 = 19200\text{ Вт}$. З урахуванням «незнижуваного» розряду в 70% коригуємо енергозапас $E_3 = 19200 \cdot 0,7 = 13440\text{ Вт/год}$ на кожні $400\text{ А} \cdot \text{год}$.

Необхідна ємність акумуляторів C_{AB} , $\text{А} \cdot \text{год}$ визначається за формулою :

$$C_{AB} = \frac{E_{\text{усм}}}{E_3} \cdot 400 = \frac{260000}{13440} \cdot 400 = 7738\text{ А} \cdot \text{год}$$

На всю акумуляторну накопичувальну станцію потрібно $7738 / 400 = 19,6$ АКБ. Приймаємо загальну кількість батарей 20.

Оскільки потужність вітрогенератора дорівнює потужності фотоелектричної станції, і для «обслуговування» вітрогенератора також потрібно ще 20 акумуляторних батарей ємністю 400 А/год .

Усього для проектованої гібридної електростанції необхідно 40 акумуляторних батарей ємністю 400 А/год.

Вибираємо один акумулятор Li-ion акумулятор LT 48–400 (19,2 кВт·год/48В) від компанії LiTech Power (табл. 3.3, рис.3.6) вартістю 1000\$. Даний акумулятор не потребує обслуговування протягом 10 років, має систему саморегулювання тиску всередині корпусу акумулятора.

Таблиця 3.3 – Характеристика акумулятора LiTech Power LT 48-400

Показник	Величина
Номинальна напруга,	48
Номинальна ємність (20-годинний розряд), А год	400
Термін служби, років	15
Кількість циклів за розряду на 30%	2500
Кількість циклів за розряду на 100%	1500
Внутрішній опір, мОм	2.0
Саморозряд (при 20 °С)	3% на місяць
Рекомендований струм заряду, А	20,0
Максимальний струм заряду, А	100,0
Максимальний струм розряду, А	100,0
Температурна компенсація зарядної напруги	-30 мВ / °С
Робочий температурний діапазон, ^	-20...+50
Розміри (Д x Ш x В), мм	520 x 240 x 220
вага, кг	66.0
Тип клем	болти М8

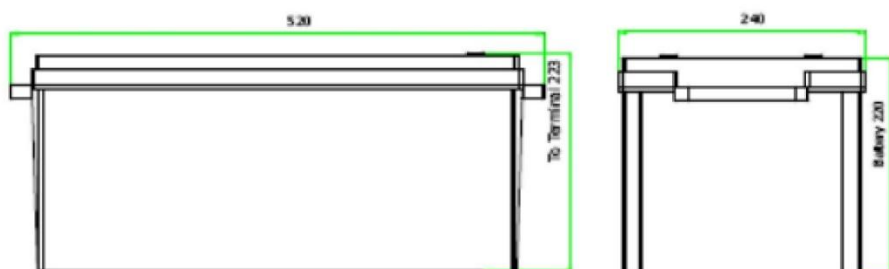


Рисунок 3.6 – Акумулятор LiTech Power LT 48-400

3.1.4 Вибір блоку керування

Підберемо блок управління – контролер заряду акумуляторної батареї.

Головні критерії вибору блоку управління (контролера заряду АКБ) [13]:

- повинні реалізовувати багатоступінчастий заряд акумулятора;
- комутацію навантаження між сонячною батареєю та акумулятором;
- автоматичне підключення/відключення в кореляції із

зарядом/розрядом сонячних модулів та акумуляторів.

Для заряду АКБ може бути використана енергія електричних мереж загального призначення 220/230 В (далі просто мережа), генераторних комплексів або мініелектростанцій, сонячних батарей (панелей, модулів), вітрогенераторів або спільне використання кількох джерел електричної енергії. Вибираємо інвертор для роботи з сонячними панелями та вітроелектростанцією SMA 20 кВт, 380 В, *Sunny Tripower 20000TL*, вартістю 4000\$ (табл. 3.4, рис.3.7). Для сумарної потужності 520 кВт потрібно 8,6 інверторів. Приймаємо 10 шт.

Таблиця 3.4 – Контролер заряду *Sunny Tripower 20000TL* SMA 20 кВт.

Параметр	Величина
Алгоритм заряду	MPPT
Максимальна потужність батарей	1000А·год
Максимальний струм к.з.	500
Максимальний струм заряду, А	375
Напруга системи, В	12/24/36/48 (автоматично)
Температурна компенсація	ε (-16 мВ/°С 12 В)
Вбудований датчик температури	ε
Виносний датчик температури	ε
Вибір типу акумулятора	ε (AGM, GEL, Flooded та ін.)
Власне споживання, мА	менше 35 мА 12 В/менше 20 мА 48В
Цифровий дисплей	ε
Інтерфейс	RS232, USB, tcp/ip
Робочий температурний діапазон, °С	-30...+60
Вологість (без конденсату)	0...95%
Ступінь пилу-вологозахисту	IP43 для електроніки, IP22 для клем
Розміри, мм	560 x 410 x 720
вага, кг	183



Рисунок 3.7 – Інвертор для роботи з сонячними панелями та вітростанцією
SMA 20 кВт, 380 В, Sunny Tripower 20000TL

Для управління роботою інвертора у складі гібридної електростанції надається програмне забезпечення завдяки даному ПЗ та вбудованому функціоналу, дана модель багатофункціонального автономного перетворювача (БАП) найкраще підходить для використання в проєктованій гібридній електростанції, оскільки:

- 1) виконує функції батарейного інвертора;
- 2) виконує функції мережевого інвертора;
- 3) робота у трифазній мережі;
- 4) наявність 2-х входів для мережі 220/380В, один із яких можна підключити до виходу дизельгенератора;
- 5) синхронна (паралельна) робота до 30 приладів у трифазній мережі;
- 6) наявність двох реле з «сухими» контактами, наприклад, для управління включенням дизельгенератора;
- 7) вбудований моніторинг АКБ;
- 8) вбудований міні-комп'ютер для можливості дистанційного керування електромережею, наприклад, зі стільникового телефону.

Масив АКБ є дорогим обладнанням, яке можна вивести з ладу неправильною експлуатацією. Недозаряд або перезаряд АКБ суттєво знижує їхній життєвий цикл, а також швидко погіршує їх характеристики. Крім цього, АКБ, виготовлені за різними технологіями, потребують складних алгоритмів заряду. БАП має можливість заряджати АКБ різних модифікацій, різними методами заряду відповідно до параметрів, заявлених провідними світовими виробниками.

БАП відстежує стан заряду АКБ та використовує збережену в акумуляторах енергію для живлення підключеного до нього обладнання при відключенні зовнішнього джерела електроенергії. Для підключення сонячних панелей та вітрогенераторів необхідні відповідні контролери, що виконують функції заряду та захисту АКБ. Сонячні та вітряні контролери можуть взаємодіяти з БАП безпосередньо, що дає можливість максимально запасати та використовувати енергію від альтернативних джерел. Інвертори модифікації Hybrid та Dominator здатні синхронізуватися з мережею та оптимізувати спільну роботу всіх джерел енергії з найменшим впливом на АКБ для продовження їх терміну служби.

З використанням БАП разом із традиційними генераторами, які працюють на бензині, газі чи дизельному паливі, забезпечує значне збільшення ККД системи та економію палива, так, як працювати генератор буде в оптимальному режимі, заряджаючи АКБ та живлячи навантаження через інвертор. Зменшиться час роботи генератора на холостому ходу та значно збільшиться його ресурс.

Для перемичок рекомендуємо застосовувати дроти перерізом не менше, ніж дроти від інвертора.

Якщо є необхідність подовжити дроти до АКБ, можна відрізати штатні дроти в 10-15 см від корпусу і припаяти або обжати спеціальною гільзою новий довгий провід. При подовженні в 2 рази (тобто дроти довжиною в 2 метри), необхідно провід вибирати перетином в 2 рази більше, ніж встановлені на БАП.

При подовженні в 3 рази брати провід у 3 рази більшим перетином, ніж штатний.

Рекомендуємо підключати масив АКБ «по діагоналі» до плюсу від першого АКБ у складання, і мінусу від останнього.

Типова схема інтеграції БАП в електричну мережу показано на рис. 3.8.

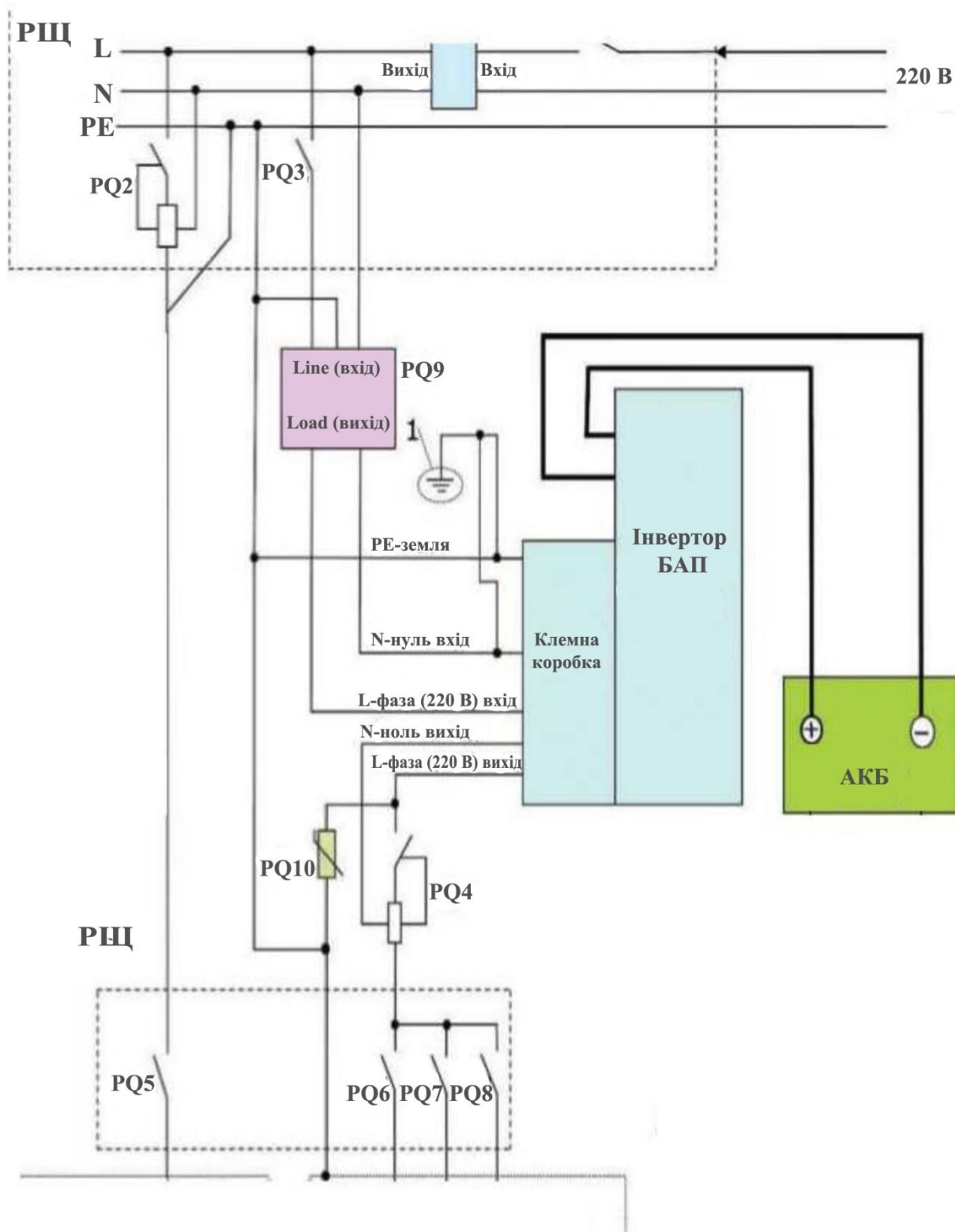


Рисунок 3.8 – Типова схема інтеграції БАП в електричну мережу.

На схемі представлені: *PQ1* і *PQ3* - однофазний ввідний автомат, *PQ2* і *PQ4* автоматичний вимикач з ПЗВ або диференціальний автомат, *PQ5* – *PQ8* і *PQ11* - однофазні автоматичні вимикачі; *PQ9* - фільтр придушення ЕМП, *PQ10* - пристрій захисту від імпульсних перенапруг (МП), *PQ11* - пристрій захисту багатофункціональний, РЩ - розподільний щит, 1 - власна земля (мінімум - металевий штир, вбитий у землю на 15 м).

Особливо це актуально за повної автономії. Встановлюється на вихід БАП між фазою і місцевим заземленням (мінімум - це металевий штир (або оцинкована метал, сантехнічна труба), вбитий в землю на 1,5 м).

Також, має бути зроблено місцеве "занулення" , тобто. вхід нуля мережі теж необхідно з'єднати із цією землею, рекомендуємо зробити його дротом великого перерізу.

Управління та індикація режимів роботи БАП здійснюється за допомогою РКІ (рідкокристалічного індикатора) (рис. 3.9). Існує два режими роботи РКІ: режим індикації та режим налаштування за допомогою меню.

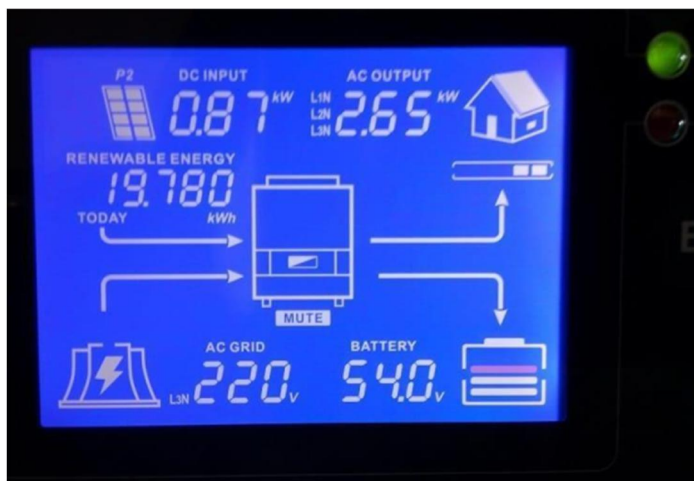


Рисунок 3.9 – Індикація БАП

3.1.5 Вибір дизель-електричної установки

Дизель-електрична установка в гібридній електростанції, що розробляється, виконує функції резервного джерела живлення, тому її потужність значно менше основних генеруючих пристроїв. Достатньо

використовувати генератор до 20 кВт. Вибираємо дизель-електричну установку *Perkins* номінальної потужності 16 кВт. (рис. 3.10, табл. 3.5)

Таблиця 3.5 – Дизель-електрична установка *Perkins* 16 кВт.

Параметр	Величина
Напруга	400 В
Струм	46 А
Коефіцієнт потужності	0,8
Частота обертів	1500 об/хв
Частота струму	50 Гц
Виконання	Двоопірний
Автоматичний регулятор напруги	КРН-04
З'єднання фаз	Зірка
Ступінь захисту IP	IP21
Напрямок обертання	праве
Об'єм двигуна	4,75 л
Мінімальна температура запуску без підігріву	-12°C
Витрата палива при тривалій роботі	5,8 кг/год
Витрата олії при тривалій роботі	0,025 кг/год

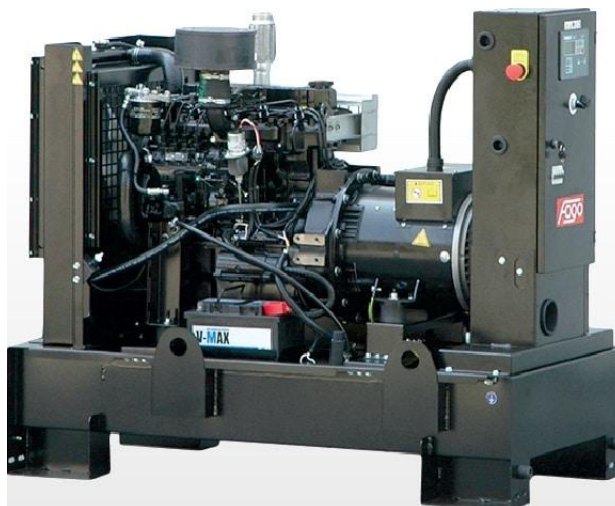


Рисунок 3.10 – Дизель-електрична установка *Perkins* 16 кВт.

3.1.6 Структурна схема

Структурна схема гібридної електростанції, що розробляється, представлена на рис. 3.11.

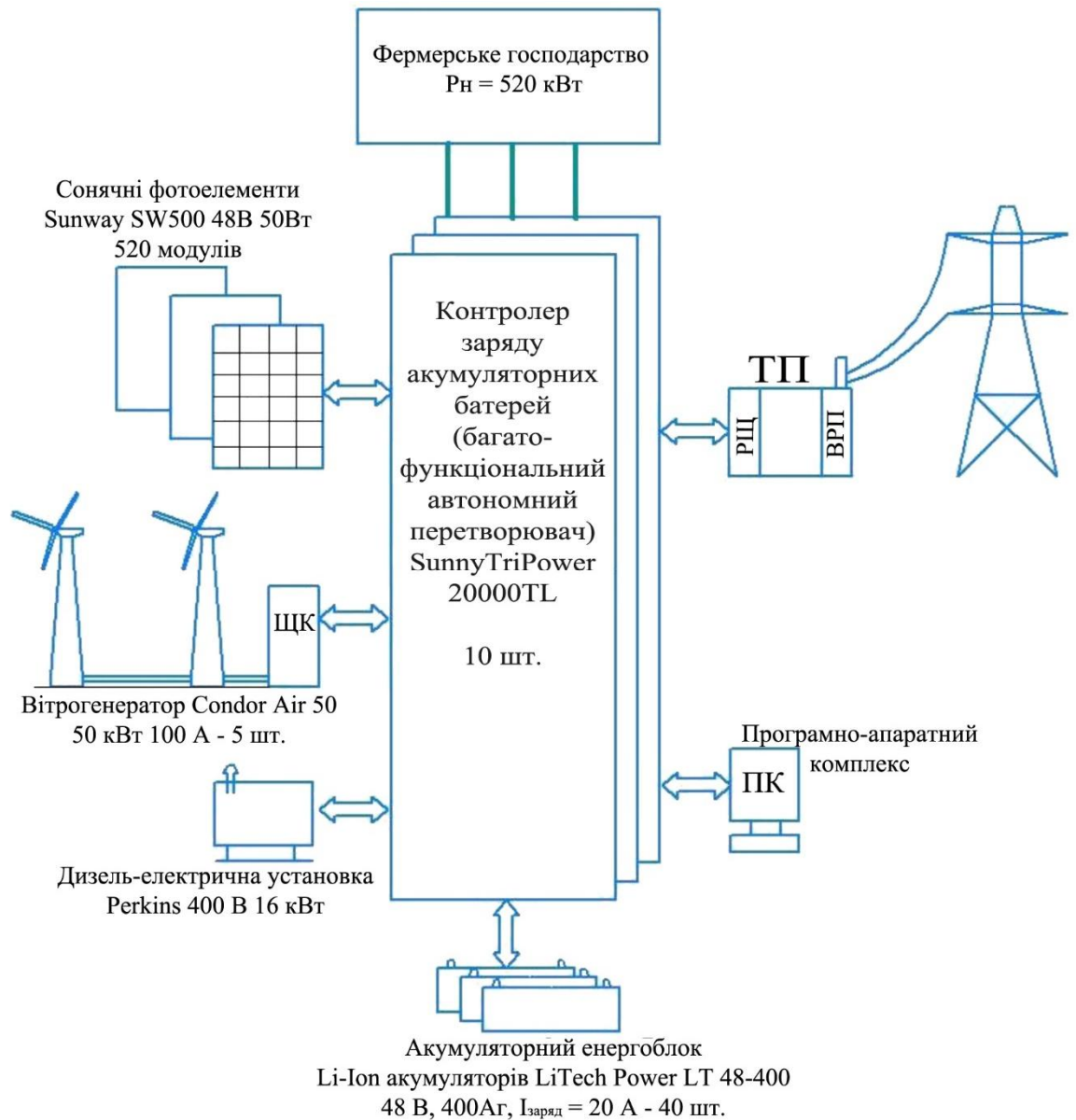


Рисунок 3.11 – Структурна схема гібридної електростанції, що розробляється.

3.2 Висновки до розділу 3

В даному розділі, використовуючи дані про електричні навантаження фермерського господарства, здійснено розробку структурної схеми та вибір компонентів гібридної електростанції, вибрано «класичне» компоновання, що включає вітрогенератор, сонячні панелі, контролер, акумулятор і інвертор, що перетворює постійну напругу значенням 48 В на змінну, значенням 220В. Оптимальні кути нахилу сонячних модулів складають 30° влітку і 70° взимку.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Об'єктом проектування є розробка інтелектуальної системи електропостачання для фермерського господарства. Джерелом живлення є гібридна електростанція та електрична мережа загального призначення. Все обладнання розташовано на відкритому повітрі. Шкідливі гази і пари обладнання не виділяє. Також обладнання не створює шум і вібрацію. Налаштування електропостачання працює при напрузі 220 В на промисловій частоті 50 Гц, тому джерела випромінювання високих та надвисоких частот відсутні. Небезпека поразки електричним струмом при напрузі 220 існує при з'єднанні з струмопровідними елементами або при одночасному дотику людини до наявного з'єднання із землею металоконструкціями з однієї сторони, і з металевим корпусом електрообладнання – з іншої.

На проєктуючому об'єкті відсутня пожежо- та вибухонебезпечні речовини. Обладнання також пожежо- і вибухобезпечне.

Хоча фотоелектрична промисловість має хороші показники безпеки на сьогоднішній день, працівники, які не були належним чином підготовлені або навчені працювати з небезпеками, такими як електрика, або монтаж на висоті, ризикують отримати серйозні травми або летальні випадки.

Здоров'я та безпека працівників повинні бути для всіх пріоритетом номер один і ніколи не ставитися під загрозу.

Найкращий спосіб зробити це – завжди знати та дотримуватись відповідний інструктаж техніки безпеки перед початком кожної роботи.

4.1 Ризики ураження електричним струмом

Електричний ризик, пов'язаний із неправильним підключенням, наприклад, з роз'ємами панелі до панелі, може призвести до серйозного удару, травми або значного пошкодження майна.

Робота на висоті та поблизу електрики, наприклад, на дахах або в стелі, становить серйозні ризики для працівників.

Існує серйозний ризик ураження електричним струмом від відкритих струмопровідних частин, таких як металеві рейки, оскільки вони можуть бути під напругою, якщо є несправність електричної установки.

Перед початком будь-яких робіт вимкніть та ізолюйте всю електроенергію, яка подається до майна на головному розподільному щиті, та вживайте заходів для запобігання повторного ввімкнення електроенергії під час роботи. Переконайтеся, що вдягнуті відповідні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і безпечне наближення до електрообладнання.

Виконайте оцінку ризику порожнини даху перед початком робіт, оглянувши простір стелі, щоб визначити інші небезпеки, які можуть становити ризики, такі як надмірне тепло, відсутність вентиляції або освітлення, небезпечні паразити, гострі предмети або азбестовмісні матеріали.

Навіть якщо живлення вимкнено, уникайте контакту з електричними кабелями та обладнанням, оскільки деякі кабелі – наприклад, лінії обслуговування споживачів та сонячні фотоелектричні системи (які мають кабелі живлення постійного струму) – все ще можуть бути під напругою. Будь-які виявлені пошкоджені електричні кабелі або обладнання повинні бути відремонтовані кваліфікованим працівником з електромонтажу. Оцінка ризику також може вимагати відокремлення цих джерел, включаючи вжиття заходів для захисту від випадкового перезавантаження.

Рекомендації перед початком електромонтажних робіт:

1) По можливості обов'язково знеструмлюйте об'єкт, на якому ведете роботи

Звучить як абеткова істина, але часто електромонтажники порушують це правило. У результаті монтаж під напругою, особливо без використання належного захисту, нерідко стає причиною електричних травм.

Важливо й те, як відключається електроживлення. Рекомендується відключати як усі фазові дроти, так і нейтральні. Сучасні захисні автомати мають

зручні ручки керування, тому їх використовують для знеструмлення об'єкта. Нове покоління електриків стало відкидати рубильники, як громіздкі та архаїчні агрегати, припускаючи, що при напрузі до 1000 В вони взагалі не потрібні. Але таке зневажливе ставлення до рубильників докорінно неправильне. Наявність рубильника дозволяє підвищити рівень безпеки під час електромонтажних робіт. Рубильник надійніший у порівнянні із захисним автоматом (у якого можуть зварюватися контакти). Крім цього, наявність окремого перемикача, на який покладено лише одну функцію – відключення подачі електроенергії – виключає можливу плутанину та знижує вплив людського фактора.

2) Роботи під напругою повинні проводитися з використанням захисних засобів

Іноді знеструмити об'єкт, на якому ведуться роботи, абсолютно неможливо. Деякі електрики сподіваються на високу якість ізоляції проводів та беруться за їх ізольовані ділянки незахищеними руками. Але навіть якщо провід новий і на його ізоляції немає тріщин, ніхто не застрахований від того, що рука зісковзне на оголену ділянку дроту.

Для монтажу під напругою до 1000 В основним засобом захисту є спеціальні гумові рукавички, при напрузі понад 1000 В є допоміжним засобом. Якщо електромонтажні роботи проводяться при низьких температурах, рукавички з утеплювального матеріалу одягаються під гумові.

Інші поширені засоби захисту - діелектричний килимок, діелектричні калоші (менше 1000 В), діелектричні ботильйони (1000 В і вище), ізолюючі штанги. Монтаж слід вести інструментами із ізольованими ручками. При цьому не допускається використання інструменту, у якого ручки насаджені на загострені кінці металевих частин.

Засоби захисту повинні обов'язково відповідати напрузі, під якою ведеться монтаж. Електроізолювані інструменти та засоби захисту обов'язково повинні проходити перевірку ізоляції у строки, встановлені нормативними документами (зазвичай щорічно). У жодному разі не користуйтеся інструментом і захисними

засобами, за якими у вас є сумніви, наприклад, при огляді ви виявили тріщини, сколи або вибоїни.

3) Строго дотримуйтесь рекомендацій щодо вибору одягу для електромонтажних робіт

Наявність спецівок та касок, призначених саме для електромонтажних робіт – найважливіша вимога безпеки. Костюм для роботи під напругою 1 000 В і вище найчастіше має струмопровідні вставки або навіть весь виконаний з струмопровідного матеріалу. Якщо електромонтажник потрапить в електричний розряд, струм піде через спецівку в обхід його тіла.

Інша вимога до костюма електромонтажника – синтетичні матеріали при високій температурі, характерній для вольтової дуги, повинні не плавитися (розплавлена пластмаса потрапляє на шкіру та викликає сильний опік), а розщеплюватись (наприклад, обвуглюватись). У касках електромонтажників використовують діелектричні матеріали.

4) Враховуйте ризик отримати механічні та хімічні травми, термічні опіки

Еволюція професії електромонтажника відбувається у напрямі зменшення застосування нагріву, небезпечних механічних робіт та шкідливих хімічних речовин. Але сьогодні небезпека отримання опіків, механічних та хімічних травм ще зберігається. Тому не варто нехтувати засобами захисту (спеціальні окуляри, захисні щитки тощо).

5) Не працюйте з високою напругою поодинці

Поруч завжди має бути людина, здатна надати вам першу допомогу у разі ураження струмом. Якщо ви освоюєте професію електромонтажника, то перші кроки необхідно робити тільки під наглядом досвідченого фахівця.

6) Уникайте заплутаних переплетень проводів

Будь-яка плутанина та безлад у розміщенні проводів – джерело потенційної загрози для безпеки електромонтажника. Використовуйте кабельні стяжки скрізь, де це можливо, для отримання акуратного та красивого розведення кабелів.

7) Активно користуйтеся індикатором напруги

Проводи, до яких ви торкатиметеся голими руками, краще заздалегідь перевіряти дотиком індикатора напруги. Якщо він показує наявність небезпечної напруги, але ви припускаєте, що це лише струми витоку малої величини, не можна орієнтуватися тільки на припущення. Необхідно з'ясувати, з чим пов'язана поява напруги там, де її не повинно бути, усунути проблему і лише після цього продовжити роботу. Для мережі 220 (230) дуже зручна недорога індикаторна викрутка з неоновую лампою. Її переваги - відсутність батарейок і мінімальна ймовірність помилкового спрацьовування від випромінювання побутових електроприладів, що стоять поруч. Якщо ви вирішили придбати дорожчий електронний індикатор, то краще вибрати модель, в якій світлова індикація наявності напруги дублюється звуковою.

8) Ознайомтеся із планом електропроводки та проведіть пошук прихованих проводів

Перед свердлінням стіни ознайомтеся з планом розміщення електропроводки всередині приміщення, за його відсутності проведіть обстеження за допомогою приладу для виявлення прихованої електропроводки.

Ця рекомендація стосується будь-яких ремонтних робіт у будівлі. Але для електромонтажників вона особливо актуальна, адже їм доводиться свердлити саме поблизу розеток, вимикачів та іншого електрообладнання, де проходять дроти, вмуровані у стіну.

З точки зору електробезпеки кращі більш дешеві та прості прилади, що працюють на електростатичному принципі – вони дозволяють виявляти дроти, що знаходяться під напругою, але по них не протікає струм, наприклад, внаслідок обриву. Прилади, засновані на електромагнітному принципі, точніше знаходять місце проходження дроту, але визначають лише справні дроти. Найкращий варіант – комбінований прилад, що поєднує кілька методів виявлення проводів. Недоліком таких приладів є висока вартість та необхідність певної кваліфікації для користувача.

9) При паянні та зварюванні робоче місце має бути вільно від легкозаймистих конструкцій

При знаходженні легкозаймистих конструкцій у радіусі до 5 м необхідно накрити спеціальними захисними екранами.

10) Подбайте про якісне освітлення робочого місця

Після відключення подачі електроенергії на місці проведення електромонтажних робіт доводиться користуватися лише джерелами світла з автономним живленням. Практика підведення окремої лінії для освітлення об'єкта, де ведуться роботи, поширена частіше на великих проектах. Зазвичай використовується лобовий ліхтар на світлодіодах. Але для забезпечення безпеки потрібне загальне освітлення, достатнє для впевненої орієнтації електромонтажника в просторі. Роботи часто можуть проводитися в такий час і в такому місці, для яких природного освітлення буде недостатньо.

Ось чому електромонтажник повинен мати при собі не тільки лобовий ліхтар, що дає вузький пучок світла, але і досить потужний акумуляторний світлодіодний ліхтар. Освітленість повинна бути якомога рівномірнішою, ліхтар не повинен надавати сліпучої дії.

4.2 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)

Відповідно до схеми планування, територія будівництва гібридної електростанції не потрапляє ані до ареалів можливого підтоплення, ані до зон розповсюдження лісових порід, що мають властивості до просідання.

Згідно з п. 1.12 ДБН В.1.2-4:2019 на ділянках, визначених у детальному плані території можливе будівництво гібридної електростанції та можливе забезпечення безпеки обслуговуючого її персоналу за умови вжиття відповідних інженерно-технічних заходів цивільного захисту.

Евакуація - організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації (НС) або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза

його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення.

Залежно від особливостей НС встановлюються такі види евакуації: 1) обов'язкова; 2) загальна або часткова; 3) тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації на місцевому рівні приймають районні державні адміністрації, відповідні органи місцевого самоврядування. На об'єктовому рівні - керівники суб'єктів господарювання.

У невідкладних випадках керівник робіт з ліквідації наслідків НС а в разі його відсутності - керівник аварійно-рятувальної служби, який першим прибув у зону НС, може прийняти рішення про проведення екстреної евакуації населення із зони НС або зони можливого ураження.

Для проведення планово-попереджувальних ремонтів та технічного обслуговування гібридної електростанції передбачається тимчасове перебування обслуговуючого персоналу. Постійне перебування працівників на гібридній електростанції не передбачається, оскільки можливо здійснювати управління роботою гібридної електростанції в дистанційному автоматичному режимі.

Згідно з вимогами порядку проведення евакуації у разі загрози виникнення або виникнення НС, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30.10.2013р. №841, у разі виникнення НС, необхідно здійснювати евакуацію персоналу, який може тимчасово перебувати на території гібридної електростанції.

На гібридній електростанції не передбачено постійне перебування обслуговуючого персоналу. Згідно з технологічним регламентом передбачається проведення тимчасових плановопопереджувальних ремонтів та технічного обслуговування установки, тому укриття обслуговуючого персоналу у протирадіаційному укритті на території гібридної електростанції не передбачається.

Проектування гібридної електростанції, які будуть розміщуватись на даній території, необхідно здійснювати з урахуванням вимог постанови Кабінету Міністрів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі здійснено розробку пропозицій щодо побудови інтелектуальної системи електропостачання фермерського господарства.

Отримані наступні результати:

- проведено аналіз технічної та економічної сторони застосування технології Smart Grid для електропостачання локального об'єкта на прикладі фермерського господарства;
- представлено основні підходи до проектування інтелектуальних систем електропостачання, та переваги використання технології Smart Grids;
- здійснено аналіз об'єкту електропостачання, та дано рекомендації, щодо розробки зовнішнього електропостачання фермерського господарства;
- розглянуто кілька варіантів приєднання до електричної мережі, та вибрано оптимальний, а саме приєднання через споруджені *ТП 10/0,4 кВ* і *ПЛ 10 кВ*, підключену до діючої *ПЛ 10 кВ*, що найбільш близько розташована до фермерського господарства;
- представлено розробку методології застосування гібридних систем електропостачання фермерського господарства, та розроблено алгоритм оптимізації гібридної електростанції;
- використовуючи дані про електричні навантаження фермерського господарства, здійснено розробку структурної схеми та вибір компонентів гібридної електростанції, вибрано «класичне» компонування, що включає вітрогенератор, сонячні панелі, контролер, акумулятор і інвертор, що перетворює постійну напругу значенням 48 В на змінну, значенням 220В. Оптимальні кути нахилу сонячних модулів складають 30° влітку і 70° взимку;
- для управління роботою інвертора у складі гібридної електростанції безкоштовно надається програмне забезпечення, доступне на сайті виробника.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Базюк Т.М., Блінов І.В., Буткевич О.Ф., Гончаренко І.С., Денисюк С.П., Жуйков В.Я., Кириленко О.В., Лук'яненко Л.М., Миколаєць Д.А., Осипенко К.С., Павловський В.В., Стелюк А.О., Танкевич С.Є., Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. Під заг. Ред. Акад. НАН України О.В. Кириленко. Київ: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
2. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. — 2012. — № 5. — С. 52–67.
3. Нечипопук А. В. Обґрунтування критеріїв оцінки локального потенціалу застосування комбінованих систем електропостачання для фермерських господарств: кваліфікаційна робота : спец. 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Поліський нац. ун-т, каф. електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології ; наук. кер. Голубенко А. А. – Житомир, 2023. – 38 с.
4. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнєцов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 304 с.
5. Казимір, К. С., & Будько, М. О. (2021). Комплексне використання відновлюваних джерел енергії для електроживлення фермерського господарства. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20-21 травня 2021р.).–К.: Інтерсервіс, 2021.–1104 с.
6. Січенко Ю.М. Розробка заходів зниження втрат електроенергії в системі електропостачання фермерського господарства: дипломна робота магістра за спеціальністю „141 — електроенергетика, електротехніка та електромеханіка“/ Ю.М. Січенко. — Тернопіль: ТНТУ, 2019. — 103 с.

7. Особливості впровадження технологій Smart Grid в електроенергетичну галузь України / М. М. Черемісін, В. В. Черкашина, С. А. Попадченко // ScienceRise. - 2015. - № 4(2). - С. 27-31. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/texc_2015_4%282%29__7

8. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики в сучасному світі / Т. О. Бурячок, З. Ю. Буцьо, Г. Б. Варламов, С. В. Дубовської, В. А. Жовтянський; Наук. ред. В. Н. Клименко, Ю. О. Ландау, І. Я. Сігал.– 2013.– 390 с.

9. Вітроенергетика на теренах України в ХІХ – першій половині ХХ ст.: історична ретроспектива / І. Гайдаєнко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Історія. - 2014. - Вип. 1(3). - С. 114–118.

10. Чумаченко С. М. Впровадження вітроенергетичного потенціалу України для середнього та малого бізнесу АПК / С. М. Чумаченко, Л. А. Пісня, І. А. Черепньов // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2015. - Вип. 156. - С. 626-635. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2015_156_96

11. Кириленко, О. В., Павловський, В. В., & Лук'яненко, Л. М. (2011). Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах. Технічна електродинаміка.

12. Калюжний Д. М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» (для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електротехнічні системи електроспоживання) / Д. М. Калюжний, А. О. Карюк, І. Є. Щербак; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 124 с.

13. Кудря С.О., Головка В.М. Основи конструювання енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії (курс лекцій). - /ІВЕ НАН України/. Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2005. 132с.

14. Валько, Я. І. (2020). Дослідження та аналіз енергоефективності використання гібридних електростанцій на базі ВДЕ для електропостачання

споживачів СФГ «Ігоря Валька» с. Стратин Рогатинського району Івано-Франківської області.

15. Бабюк, С. М., & Пліс, Я. В. (2021). Проблеми та переваги інтеграції технологій відновлюваної енергії в енергосистему змінного струму. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 7-8.

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

17. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.

18. ДБН В.2.5-23:2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення : Державні будівельні норми і правила // ДП "Укрархбудінформ". Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 169 с.

19. Ensuring the energy efficiency of heat supply energy systems functioning by justifying the choice of glazing units for the external enclosing structures of buildings / Vadym Koval, Myroslav Zin, Liubov Kostyk, Oleh Buniak // Scientific Journal of TNTU. – Tern. : TNTU, 2023. – Vol 110. – No 2. – P. 57–67.

20. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant. Orobchuk, B., Buniak, O., Babiuk, S., Sysak, I. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. ISSN 1729-3774

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

22. 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.