

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: Застосування відновлювальних джерел енергії для
електропостачання котеджного будинку

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41
спеціальнос
ті 141

електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Тимофієв В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Філюк Я.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач
кафедри Коваль В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Шелестовський Б.Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О. Я. к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., зав. кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання 23 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	30.01.2024	
2	Аналітичний розділ	26.02.2024	
3	Проектно-конструкторський розділ	29.03.2024	
4	Розрахунковий розділ	22.04.2024	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	13.05.2024	
6	Висновки	31.05.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки	07.06.2024	
8	Оформлення графічної частини	10.06.2024	

Студент

_____ (підпис)

Тимофієв В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Філюк Я.О.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Кафедра електричної інженерії, група ЕТс–41. - Т. : ТНТУ, 2024.

Стор.61; рис.22 ; табл.8 ; джерел 14; додатків -.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Застосування відновлювальних джерел енергії для електропостачання котеджного будинку».

Мета кваліфікаційної роботи є підвищення надійності електропостачання індивідуального котеджу за рахунок використання в якості автономного джерела живлення електроустановок, що працюють на відновлюваних джерелах енергії.

В ході роботи був проведений аналіз альтернативних джерел енергії. Були розглянуті наступні джерела: енергія вітру, геотермальна енергія, сонячна енергія, енергія біомаси. В результаті вітрова і сонячна енергія були обрані для подальшого розгляду як найбільш перспективні для використання. Було розраховано параметри електроустановок, що працюють на сонячній та вітровій енергії: фотоелектричної системи, вітрової електростанції та гібридної вітрової сонячної електростанції. Найбільш життєздатними варіантами виявилися варіанти живлення частини навантаження котеджу від фотоелектричної системи та гібридної вітрової сонячної електростанції.

Ключові слова: фотоелектрична система, гібридна система, вітрова система.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	6
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Відновлювальна енергетика	8
1.1.1 Енергія вітру	8
1.1.2 Геотермальна енергія	9
1.1.3 Сонячна енергія	10
1.2 Основні переваги та недоліки відновлюваних джерел енергії	10
1.2.1 Вітрова електростанція	11
1.2.2 Фотоелектричні системи	14
1.3 Висновки до розділу	17
2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Електропостачання котеджу з використанням електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії	18
2.2 Об'єкт дослідження для використанням електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії	21
2.3 Фотоелектрична система для живлення об'єкта дослідження	27
2.3.1 Визначення необхідної кількості фотоелектричних модулів	30
2.3.2 Інвертор напруги для фотоелектричної системи	32
2.3.3 Вибір зарядного пристрою для фотоелектричної системи	36
2.4 Висновки до розділу	37
3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	38
3.1 Живлення частини навантаження від фотоелектричної системи	38
3.2 Живлення частини навантаження від вітроенергетичної електроустановки	41
3.2.1 Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості	42
3.2.2 Визначення необхідної номінальної потужності вітроенергетичної електроустановки	43

3.3 Живлення від гібридної вітросонячної електроустановки	46
3.3.1 Вибір сонячних батарей	47
3.3.2 Вибір вітрогенератора	48
3.3.3 Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості	50
3.4 Оцінка отриманих результатів	51
3.5 Висновки до розділу	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	54
4.1 Заходи безпеки при монтажі енергоустановок	54
4.2 Допомога при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В	55
4.3 Сигнально-попереджувальні пристрої і фарбування обладнання	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	60

ВСТУП

Актуальність роботи. Проблема надійності електропостачання побутових споживачів була і є в усі часи і не втратила своєї актуальності донині. Надійність - одна з найважливіших характеристик системи електропостачання, яка багато в чому визначає можливість її практичного використання. У сільській місцевості питання надійності стоїть особливо гостро, так як в житлових будинках спостерігаються часті перебої з електроенергією, викликані не тільки аваріями, а й плановими роботами. Згідно з Правилами улаштування електроустановок, до електроприймачів першої категорії належать електроприймачі, припинення електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, загрозу безпеці держави, значні матеріальні збитки, порушення складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів об'єктів комунального господарства, зв'язку та телебачення. До другої категорії належать електроприймачі, переривання електропостачання яких призводить до масового недопостачання продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських і сільських жителів. Всі інші електроприймачі, які не підпадають під визначення першої і другої категорії, відносяться до третьої категорії. Для споживачів 1-2 категорії надійності, звичайно, передбачено резервування, але житлові будинки - це здебільшого споживачі 3-ї категорії.

Виходом з ситуації, що склалася для споживача 3-ї категорії, в даному випадку для фізичної особи, яка проживає в сільській місцевості, є використання незалежного від електромережі джерела живлення. В якості такого джерела найчастіше використовуються рідкопаливні генератори, як правило, дизельні або бензинові. Використання таких електроустановок негативно позначається на здоров'ї людини і навколишньому середовищі. Крім того, для запуску такого генератора потрібен певний час. Звичайно, перерва в електропостачанні споживачів 3-ї категорії допускається протягом доби, але бажання споживача якнайшвидше відновити електропостачання є закономірним.

Ще одним рішенням забезпечення електроенергією споживача від автономного джерела є використання електроустановок, що працюють на

відновлюваних (альтернативних) джерелах енергії. Такі електроустановки не потребують палива, мають мінімальний або зовсім не мають негативного впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище.

Однак установки, що працюють на альтернативних джерелах енергії, мають істотний недолік - залежність кількості виробленої електроенергії від погодних умов і часу доби, а значить, і її нерівномірність. З цієї причини використання таких електроустановок для електропостачання енергоємних споживачів неможливо, принаймні на даному етапі розвитку альтернативної енергетики. Найкраще використання відновлюваних джерел енергії – у житловому секторі.

Мета роботи є підвищення надійності електропостачання індивідуального котеджу за рахунок використання в якості автономного джерела живлення електроустановок, що працюють на відновлюваних джерелах енергії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- Аналіз альтернативних джерел енергії на предмет придатності їх використання для електропостачання споживачів.
- Розрахунок параметрів електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії, обраних в результаті аналізу.
- Розрахунок розглянутих електроустановок і вибір найменш витратного варіанту.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Відновлювальна енергетика

Беручи до уваги останні тенденції зростання цін на енергоносії та все більшого забруднення навколишнього середовища продуктами виробництва електроенергії з традиційних видів палива, можна констатувати як факт, що альтернативні джерела енергії є дуже перспективними як основні енергоносії. На російському ринку електроенергії спостерігається тенденція до мінімізації використання нафтогазових ресурсів для різних галузей промисловості. Вже зараз електроустановки, що працюють на енергії альтернативних джерел, знайшли застосування не тільки за кордоном, але і в Україні.

До відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) зазвичай відносять сонячну, вітрову та геотермальну енергію, енергію припливів та хвиль, біомасу (рослини, різні види органічних відходів), низькопотенційну енергію навколишнього середовища. Малі ГЕС (потужністю до 30 МВт при потужності одного блоку не більше 10 МВт), які відрізняються від традиційних - більших - ГЕС тільки масштабами, також іменуються ВДЕ [1-5]. Розглянемо найпоширеніші з них, а саме:

- Енергія вітру;
- Геотермальна енергія;
- Сонячна енергетика.

1.1.1 Енергія вітру

Найбільш широко використовується найбільш мінливий і нестабільний вид енергії - вітер. Загальна світова встановлена потужність усіх вітротурбін та вітрових електростанцій становить приблизно 743 ГВт.

Енергія вітру виробляється масивними трилопатовими вітрогенераторами, встановленими на самій вершині високих веж і працюють як вентилятори, але у зворотному напрямку. У загальних рисах будова вітрової електростанції виглядає наступним чином. Вітер обертає лопаті, а лопаті обертають вал, який з'єднаний з набором шестерень, що приводять в рух електрогенератор. Великі турбіни для електропостачання можуть генерувати від 750 кіловат до 1,5 мегават

електроенергії.

У вітрових турбінах групи турбін з'єднані між собою з метою виробництва електроенергії для громадських електромереж. Електроенергія подається споживачам по лініях електропередач і розподільчих лініях» [6].

Сучасні генератори працюють при швидкості вітру від 3-4 м/с до 25 м/с [6]. Потужність вітрогенератора залежить від площі, яку захоплюють лопаті генератора. Найбільш поширеною в світі є конструкція вітрогенератора з трьома лопатями і горизонтальною віссю обертання, хоча в деяких місцях все ж зустрічаються і дволопатеві. Були спроби побудувати вітрогенератори так званої ортогональної конструкції, тобто з вертикальним розташуванням осі обертання. Вважається, що вони мають перевагу у вигляді дуже низької швидкості вітру, необхідної для запуску роботи вітрогенератора. Головною проблемою таких генераторів є гальмівний механізм. У зв'язку з цією та деякими іншими технічними проблемами ортогональні вітрогенератори не набули практичного поширення у вітроенергетиці [7].

Прибережні райони вважаються найбільш перспективними місцями для виробництва енергії вітру. У морі, на відстані 10-12 км від берега (а іноді і далі), будуються офшорні вітрові електростанції. Вежі вітрогенераторів встановлюються на фундаменти з палів, забитих на глибину до 30 метрів. Можуть застосовуватися й інші види підводних фундаментів, а також плавучі фундаменти» [8].

1.1.2 Геотермальна енергія

Друге місце за обсягами застосування посідає геотермальна енергія. Загальна світова потужність ГеоТЕС становить близько 13 ГВт. Вони досить конкурентоспроможні в порівнянні з традиційними паливними електростанціями» [9].

Геотермальна енергія – це енергія, отримана з природного тепла Землі. Такого тепла можна досягти за допомогою колодязів. Геотермальний градієнт у свердловині збільшується на 1 °С кожні 36 метрів. Це тепло подається на поверхню у вигляді пари або гарячої води. Термальні регіони зустрічаються в багатьох частинах світу.

Чим глибше свердловина, тим вище температура, але в деяких місцях

геотермальна температура підвищується швидше. Такі місця зазвичай розташовуються в районах підвищеної сейсмічної активності, де стикаються або розриваються тектонічні плити. Саме тому найбільш перспективні геотермальні ресурси знаходяться в зонах вулканічної активності. Чим вище геотермальний градієнт, тим дешевше виробництво тепла за рахунок зниження витрат на буріння і розгойдування. У найсприятливіших випадках ухил може бути настільки високим, що поверхневі води нагріваються до потрібної температури. Прикладами таких випадків є гейзери і гарячі джерела [9].

1.1.3 Сонячна енергія

Загальна світова потужність усіх фотоелектричних установок досягла 760 ГВт. На практиці сонячне випромінювання може бути перетворено в електрику прямо або опосередковано.

Непряме перетворення може бути здійснено шляхом концентрації випромінювання за допомогою дзеркал відстеження для перетворення води на пару, а потім використання пари для виробництва електроенергії звичайними засобами. Така система може працювати тільки під прямими сонячними променями [11].

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну може здійснюватися за допомогою фотоелектричного ефекту. Осередки, виготовлені зі спеціального напівпровідникового матеріалу, наприклад, силікону, під прямими сонячними променями виявляють різницю напруг на поверхні, тобто наявність електричного струму [12].

1.2 Основні переваги та недоліки відновлюваних джерел енергії

Використання кожного з розглянутих відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) наближає людство до вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища і підвищення цін на традиційні енергоносії. Однак у кожного джерела є свої плюси і мінуси. З усіх перерахованих вище джерел альтернативної енергії найбільш перспективними для використання є сонце і вітер.

Беручи до уваги останні тенденції зростання цін на енергоносії та все більшого забруднення навколишнього середовища продуктами виробництва

електроенергії з традиційних видів палива, можна констатувати як факт, що альтернативні джерела енергії є перспективними як основні енергоносії.

Візьмемо до уваги автономні джерела, робота яких базується на енергії вітру та сонця. Максимальна потужність таких джерел, безумовно, нижче, ніж у рідкопаливних генераторів, а вартість їх досить висока. Однак установки, засновані на використанні відновлюваних джерел енергії, незрівнянно більш екологічні, мають більш низький рівень шуму і вібрації. Крім того, вони не вимагають палива, а експлуатаційні витрати для таких установок будуть витрачатися тільки на ремонт і обслуговування.

1.2.1 Вітрова електростанція

Вітер – одне з найпотужніших джерел енергії, яке здавна використовується людиною. За приблизними підрахунками, енергія, яка безперервно надходить від Сонця, відповідає сумарній потужності понад 1011 ГВт. Це обумовлює можливе річне виробництво енергії вітрогенераторами, рівне $1,18 \cdot 10^{13}$ кВт·год·год, що у багато разів перевищує кількість споживаної енергії у сучасному світі [12].

Найважливішою характеристикою, яка визначає енергетичну цінність вітру, є його швидкість. У зв'язку з низкою метеорологічних факторів (атмосферні збурення, зміна сонячної активності, кількості теплової енергії, що надходить на Землю, та інші причини), а також внаслідок впливу умов рельєфу, безперервна тривалість вітру в даній місцевості, його швидкість і напрямок змінюються за випадковим законом. Тому потужність, яку може генерувати вітрогенератор в різні періоди часу, можна передбачити з дуже низькою ймовірністю. У той же час сумарна продуктивність агрегату, особливо за тривалий проміжок часу, може бути розрахована з високим рівнем надійності, так як середня швидкість вітру і частота розподілу швидкостей протягом року або сезону мало змінюються [12].

Вітер - це складний геофізичний процес, який можна передбачити тільки з певною часткою ймовірності. На рисунку 1.1 показаний приклад утворення пориву вітру. Амплітуда пориву 1 протягом 0,3-0,35 секунди, тобто при утворенні пориву 2, досягала максимального значення, що вдвічі перевищує середню миттєву швидкість V_c , за 3 секунди. Час спадання пориву виявилось приблизно рівним часу утворення, а максимальне значення зміни швидкості 4 більш ніж в 2 рази перевищує амплітуду 1.

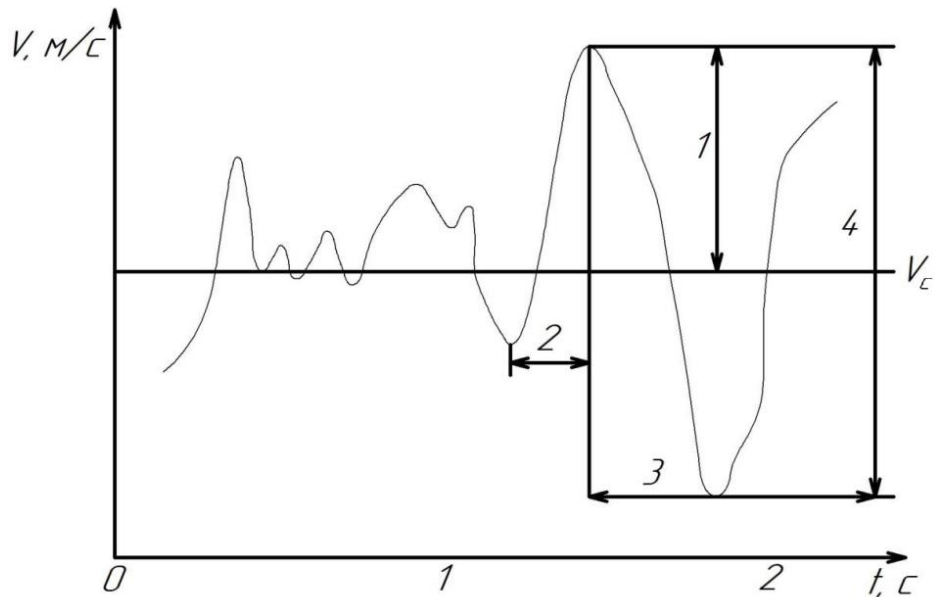


Рисунок 3 - Схема формування поривів вітру: 1 - амплітуда поривів, 2 - час утворення поривів, 3 - час падіння швидкості, 4 - зміна максимальної швидкості вітру

Розрахунок і проектування вітрогенератора здійснюються на основі законів аеродинаміки. Стосовно до енергії вітру аеродинаміка вивчає поведінку вітрогенератора та інших елементів вітрогенератора під дією повітряного потоку з певною швидкістю та тиском [12].

Взаємодія вітрогенератора з вітровим потоком досить складна, оскільки останній неоднорідний навіть у невеликому поперечному перерізі: швидкість у різних поперечних перерізах різна, пориви зсуваються по фазі відносно один одного, вектор швидкості постійно змінюється за величиною та напрямком.

Повітряний потік, як і будь-яке рухоме тіло, має енергію руху, або запас кінетичної енергії. Остання перетворюється в механічну енергію за допомогою вітроколеса або іншого робочого органу.

Друга кінетична енергія E повітряного потоку дорівнює:

$$E = \frac{\rho \cdot S \cdot V^3}{2} \quad (1.1)$$

$$E = \frac{\rho \cdot \pi \cdot V^3 \cdot R}{2} \quad (1.2)$$

Отже, друга енергія, або потужність повітряного потоку, пропорційна його щільності, площі поперечного перерізу і куба швидкості.

Частина сумарної енергії потоку, що поглинається вітрогенератором, яку вітрогенератор перетворює в механічну енергію, оцінюється коефіцієнтом використання енергії вітру:

$$\xi = \frac{E_{\text{вд}}}{E} \quad (1.3)$$

де $E_{\text{вд}}$ - енергія вітру, яку вітрова турбіна перетворює в механічну енергію.

Друга робота або потужність, що розвивається вітрогенератором, визначається за формулою:

$$P = \rho \cdot V^3 \cdot S \cdot \frac{\xi}{2} \quad (1.4)$$

Так як щільність повітря дуже низька (в 800 разів менше щільності води), то для отримання відносно великих потужностей необхідно використовувати вітрогенератори зі значною поверхнею вітрогенератора.

Постійні зміни частоти обертання V призводять до того, що потужність, що розвивається двигуном, змінюється в дуже великих межах: від нуля під час штилю до значення, в десятки разів перевищує встановлену потужність, яка розрахована для вітрогенератора при розрахунковій швидкості вітру.

Для роботи вітрогенератора можна використовувати будь-який тип генератора. Використовуються як генератори постійного струму, так і змінного струму (синхронні та асинхронні).

Найбільш поширені у використанні в складі вітрогенераторів малої потужності:

- Синхронні генератори з комбінованим збудженням (від постійних магнітів і обмотки збудження), які виробляють постійну напругу на виході шляхом його стабілізації за допомогою обмотки.

- Асинхронні багатополюсні генератори, які, будучи включеними в мережу змінного струму, споживають реактивну енергію з мережі і віддають активну енергію в мережу, при цьому самостійно синхронізуючи свою частоту з частотою мережі.

Шум і вібрації генератора в тій чи іншій мірі притаманні кожному вітрогенератору. Для зниження шуму і вібрацій використовуються віброгасники і віброізоляція.

1.2.2 Фотоелектричні системи

Сонце – це джерело енергії дуже високої потужності. дні сонячного сяйва за сумарною потужністю, що надходить на Землю, дорівнюють усім запасам органічного палива на Землі. При використанні високоефективних методів перетворення енергії Сонце може практично вічно забезпечувати швидко зростаючі енергетичні потреби людства.

Джерелом енергії сонячного випромінювання є термоядерна реакція на Сонці. Більша частина цієї енергії випромінюється у вигляді електромагнітного випромінювання в діапазоні довжин хвиль $\lambda=0,2-3$ мкм. При проходженні через атмосферу сонячне світло послаблюється, головним чином через поглинання інфрачервоного випромінювання водяною парою, ультрафіолетового випромінювання озоном і розсіювання випромінювання молекулами газу і частинками пилу і аерозолями, що переносяться повітрям. Атмосферна (або повітряна) маса (АМ) - це параметр, що відображає вплив атмосфери на інтенсивність і спектральний склад сонячної радіації, що досягає земної поверхні. При нульовій масі повітря АМ0 на верхній межі атмосфери інтенсивність випромінювання $I_B = 1360$ Вт/м². Величина АМ1 відповідає проходженню сонячної радіації через безхмарну атмосферу до рівня моря в zenітальному місці розташування Сонця. Найбільш характерним значенням в земних умовах є АМ1,5. Вона прийнята за еталон при інтегральній поверхневій густині сонячного випромінювання $I_B = 835$ Вт/м².

Фотоелектричні перетворювачі, використовуються для перетворення сонячної енергії в електричну. Перетворення енергії в ФЕС засновані на ефекті, що виникає в неоднорідних напівпровідникових структурах під впливом сонячного випромінювання.

Найпростіша конструкція сонячного елемента (СЕ) пристрою для генерації енергії сонячного випромінювання на основі монокристалічного кремнію показана на рисунку 1.2. На невеликій глибині від поверхні кремнієвої пластини р-типу утворюється р-n перехід з тонким металевим контактом. На тильну

сторону пластини нанесений суцільний металевий контакт.

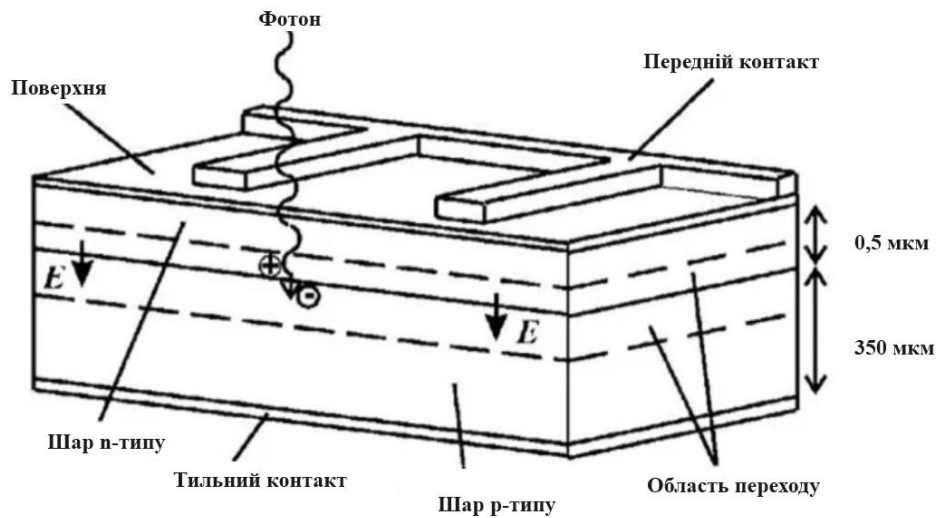
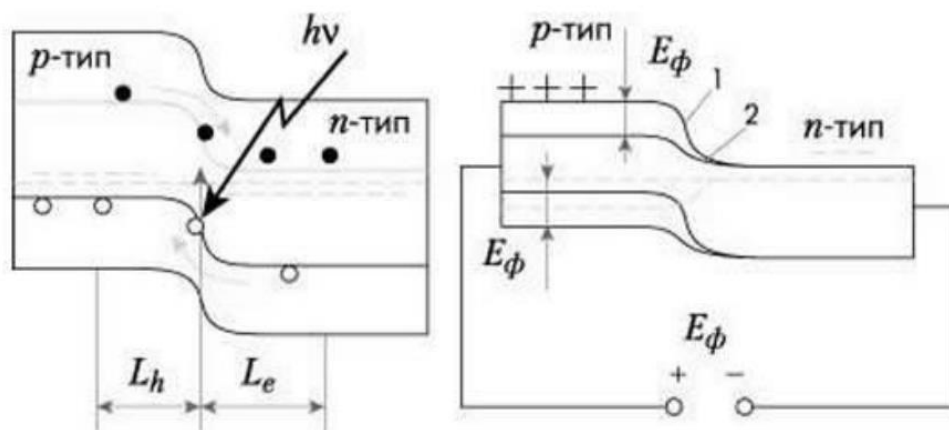


Рисунок 1.2 – Конструкція сонячної батареї на основі монокристалічного кремнію

При освітленні СЕ поглинені фотони утворюють нерівноважні електронно-діркові пари. Електрони, що утворюються в р-шарі поблизу р-п-переходу, наближаються до р-п-переходу і виносяться в n-область існуючим в ній електричним полем.

Аналогічним чином надлишкові отвори, що утворилися в n-шарі, частково переносяться на р-шар (рисунок 1.3, а). В результаті n-шар набуває додатковий негативний заряд, а р-шар - позитивний. Початкова контактна різниця потенціалів між р- і n-шарами напівпровідника зменшується, і в зовнішньому колі з'являється напруга (рисунок 1.3, б).

Негативний полюс джерела струму відповідає n-шару, а р-шар - позитивному.



а)

б)

Рисунок 1.3 - Модель р-n-переходу: а) в початковий момент освітлення; б) зміна під впливом випромінювання і виникнення фото-ерс

Усталене значення фото-ерс при освітленні переходу з випромінюванням постійної інтенсивності описується рівнянням вольт-амперної характеристики (рисунок 1.4).

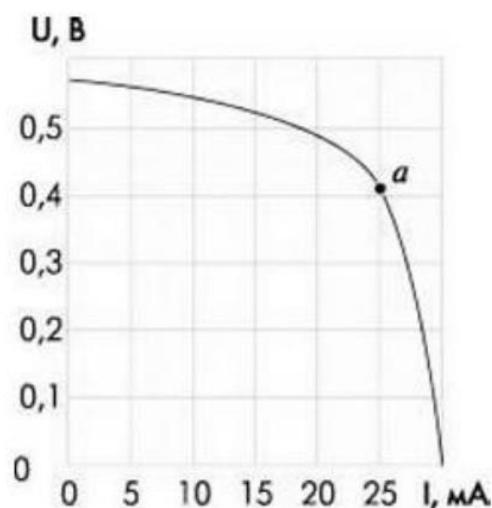


Рисунок 1.4 – Вольт-амперні характеристики сонячної батареї

$$U = \frac{k \cdot T}{q} \cdot \ln((I_{ph} - I) \cdot I_s + 1) \quad (1.5)$$

де I_s - струм насичення;

I_{ph} - фотострум;

k — постійна Больцмана;

T - температура;

q - заряд електрона.

ВАХ пояснює схему еквівалентного фотоелемента (рисунок 1.5), що включає джерело струму:

$$I = I_{ph} \cdot S_q \cdot N_0 \cdot Q \quad (1.6)$$

де S_q - площа фотоелемента;

Q - коефіцієнт, який показує, яка частка електронно-діркових пар (NO) зібрана р-n-переходом.

Паралельно джерелу струму включається р-п-перехід, струм через який дорівнює:

$$I = I_s \cdot \left(e^{\frac{q \cdot U}{k \cdot T}} - 1 \right) \quad (1.7)$$

Р-п перехід шунтує навантаження, а при збільшенні напруги струм через нього швидко зростає. У навантаження береться струм I (опір R).

Рівняння ВАХ справедливе і при освітленні фотоелемента світлом будь-якого спектрального складу, змінюється тільки величина фотоструму I_{ph} .

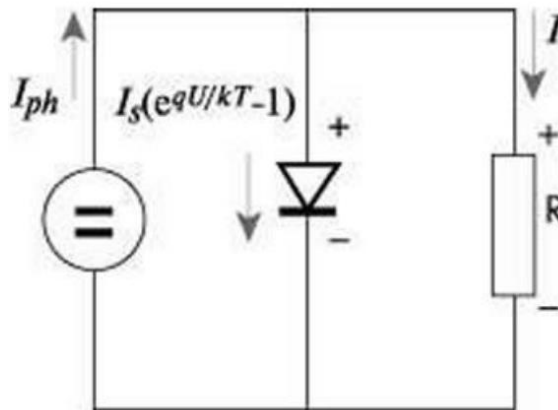


Рисунок 1.5 – Діаграма еквівалентної сонячної батареї

1.3 Висновки до розділу

У першому розділі детально описано проблему надійності електропостачання. Наведено варіанти підвищення надійності електропостачання. Зроблено вибір найбільш прийняттого способу підвищення надійності за рахунок використання електроустановок на основі відновлюваних джерел енергії.

2. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Електропостачання котеджу з використанням електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії

Котеджне містечко європейського типу на території, якого розташовані:

- 62 двоповерхові котеджі;
- громадський центр, що включає в себе продовольчий і непродовольчий магазини, ресторан, салон краси, хімчистку, кінотеатр із двома залами, клуб, паркінг;
- дитячий садок - початкова школа;
- поліклініка;
- сауна/басейн;
- стайня;
- ветеринарна-клініка;
- пасіка;
- насосна станція;
- пост охорони.

Клімат району характеризується як континентальний клімат помірних широт. Особливістю його є посушливість, висока континентальність і велика мінливість від року до року, особливо за кількістю опадів, що випали. Середньорічна температура повітря +13,8 градуса за Цельсієм, середня місячна температура повітря змінюється від +30,1 градуса за Цельсієм у липні, до -10 градуса за Цельсієм у січні. Середньорічна сума опадів близько 400 мм. Ґрунт суглинний, має низьку корозійну активність, питомий електричний опір близько 40 Ом/м.

План містечка представлений на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 - Генплан котеджного містечка: к1 - к62 - котедж, 1 - громадський центр, 2 - сауна/басейн, 3 - стайня, 4 - ветклініка, 5 - насосна станція, 6 - пасіка, 7 - поліклініка, 8 - дитячий садок - початкова школа, 9 - пункт охорони

Живлення містечка здійснюється від підстанції 110/35/10 кВ двома повітряними лініями 10 кВ, які підходять до секцій шин розподільного пункту 10 кВ. Розподільна мережа 10 кВ виконана кабельними лініями, прокладеними в траншеї, за кільцевою схемою з'єднання. Розподільна мережа 10 кВ містить у собі дві одноструматурні та дві двоструматурні КТП. Структурну схему розподільчої мережі 10 кВ наведено на рисунку 2.2.

Від ТП 1 живляться громадський центр, сауна/басейн, стайня, ветеринарна клініка; від ТП 2 - пост охорони, 22 котеджі та третя частина зовнішнього освітлення; від ТП 3 - поліклініка, дитячий садок - початкова школа, пасіка, насосна станція; від ТП 4 - 40 котеджів і дві третини зовнішнього освітлення.

Електроприймачі, які живляться від ТП 1, належать до 2 категорії за надійністю електропостачання, які живляться від ТП 2 - до 3 категорії, від ТП 3 - до 2 категорії, від ТП 4 - до 3 категорії.

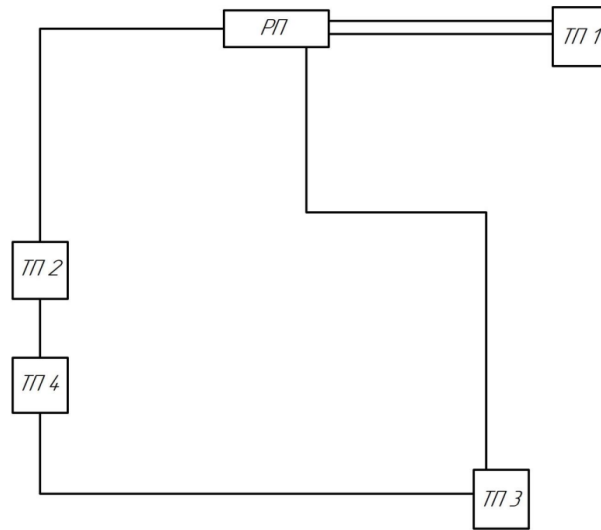


Рисунок 2.2 - Структурна схема розподільчої мережі 10 кВ

Таким чином, схему виконано з дотриманням необхідної надійності споживачів - трансформаторні підстанції, що живлять споживачів 2 категорії надійності, мають два незалежні джерела живлення. Іншими словами, для споживачів 2 категорії передбачено резервування живлення, а для споживачів 3 категорії - ні.

Розподільча мережа 0,4 кВ виконана за радіально-магістральною схемою з'єднання.

Схему електропостачання містечка представлено на рисунку 2.3.

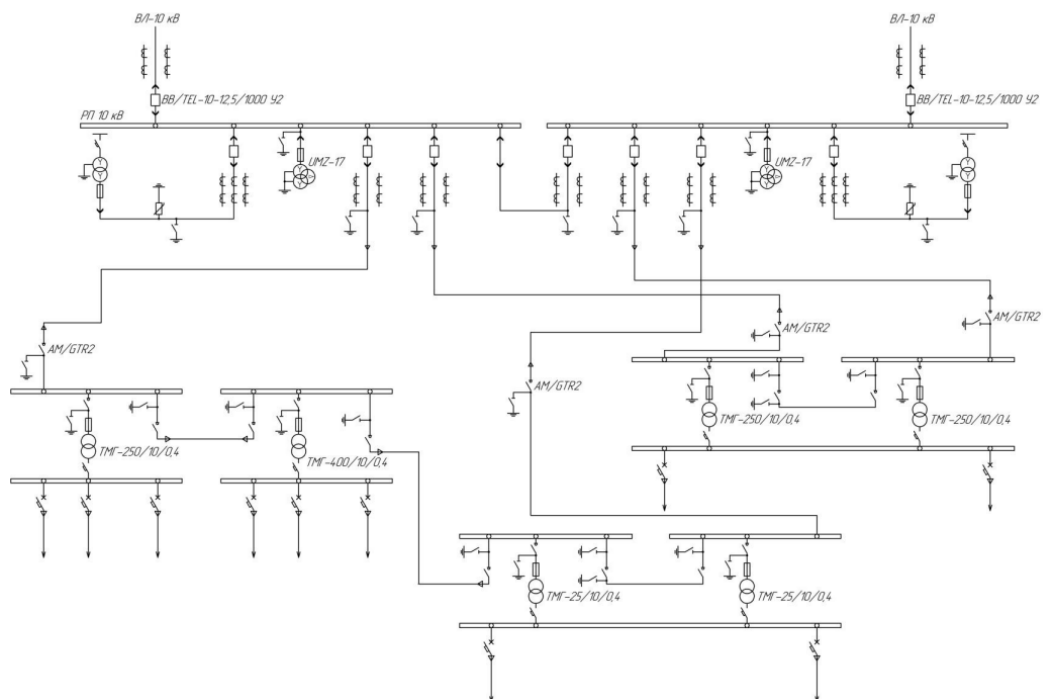


Рисунок 2.3 - Схема електропостачання містечка

2.2 Об'єкт дослідження для використанням електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії

Як уже було сказано вище, для підвищення надійності електропостачання котеджу використовуємо електроустановку, що працює на альтернативних джерелах енергії як основне джерело живлення для його електроприймачів. Електрична мережа виступатиме як резервне джерело живлення.

На території котеджного містечка розташовані котеджі різної поверховості та площі. Розглянемо як об'єкт проведеного дослідження двоповерховий котедж із підвалом загальною площею 150 м². Містечко газифіковане, тому плита в котеджі газова. Поповерховий план котеджу наведено на рисунку 2.4. У котеджі проживає сім'я з чотирьох осіб.

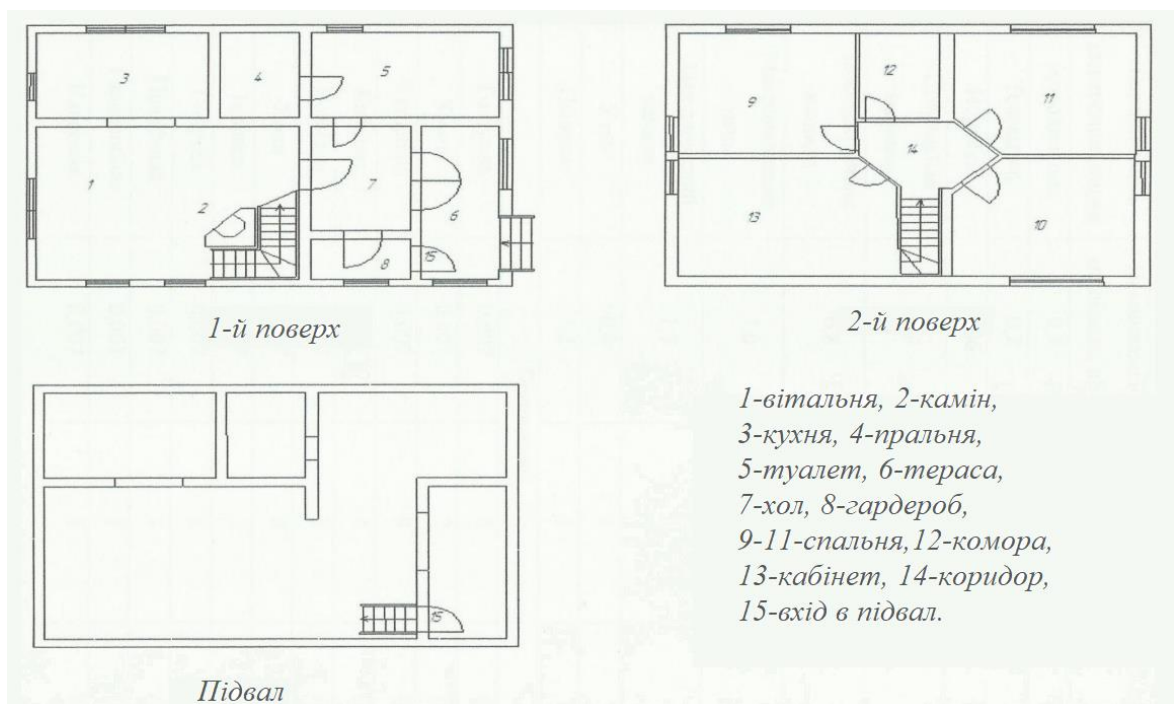


Рисунок 2.4 - Поверховий план котеджу

Розрахункове електричне навантаження для такого котеджу відповідно становить 11,5 кВт. Розрахуємо, яка сумарна потужність електроприймачів котеджу, що розглядається. Необхідно врахувати, що побутова техніка, встановлена в котеджі, має клас енергоощадності А і вище, а освітлення здійснюється світлодіодними лампами, які при світловому потоці, аналогічному

лампи розжарювання потужністю 100 Вт, споживають всього 7 Вт . У таблиці 2.1 наведено перелік електроприймачів котеджу.

Таблиця 2.1 - Перелік електроприймачів котеджу

Найменування електроприймача	Номінальна потужність, кВт	Кількість, шт.	Загальна потужність, кВт
Холодильник	0,3	1	0,3
Телевізор	0,2	3	0,6
Ноутбук	0,06	4	0,24
Пральна машина	0,9	1	0,9
Посудомийна машина	0,8	1	0,8
Мікрохвильова піч	1,0	1	1,0
Електричний чайник	1,7	1	1,7
Праска	0,8	1	0,8
Пилосос	1,2	1	1,2
Освітлення			
Вітальня	0,007	8	0,056
Кухня	0,007	2	0,014
3 спальні	0,007	9	0,063
Кабінет	0,007	4	0,028
Коридор	0,007	3	0,021
Хол	0,007	3	0,021
Тераса	0,007	3	0,021
Туалет	0,007	1	0,007
Пральня	0,007	1	0,007
Гардеробна	0,007	1	0,007
Комора	0,007	1	0,007
Підвал	0,007	6	0,042
Разом освітлення			0,315
Разом			7,834

При підрахунку кількості ламп враховувалися всі можливі у приміщенні світильники: стельові, настінні.

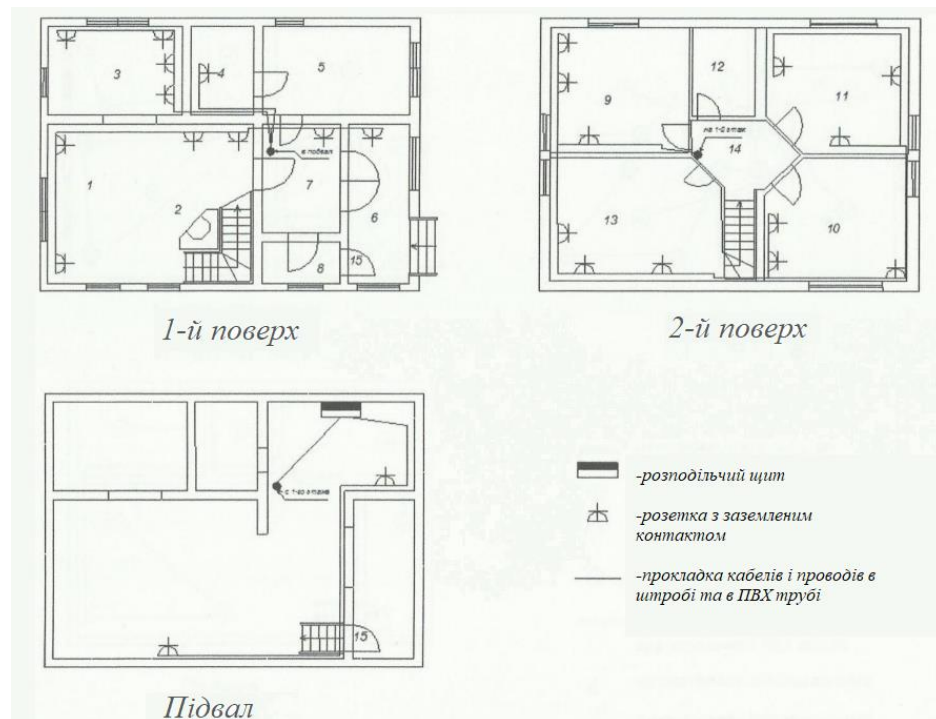


Рисунок 2.5 - План котеджу з розташуванням розеток

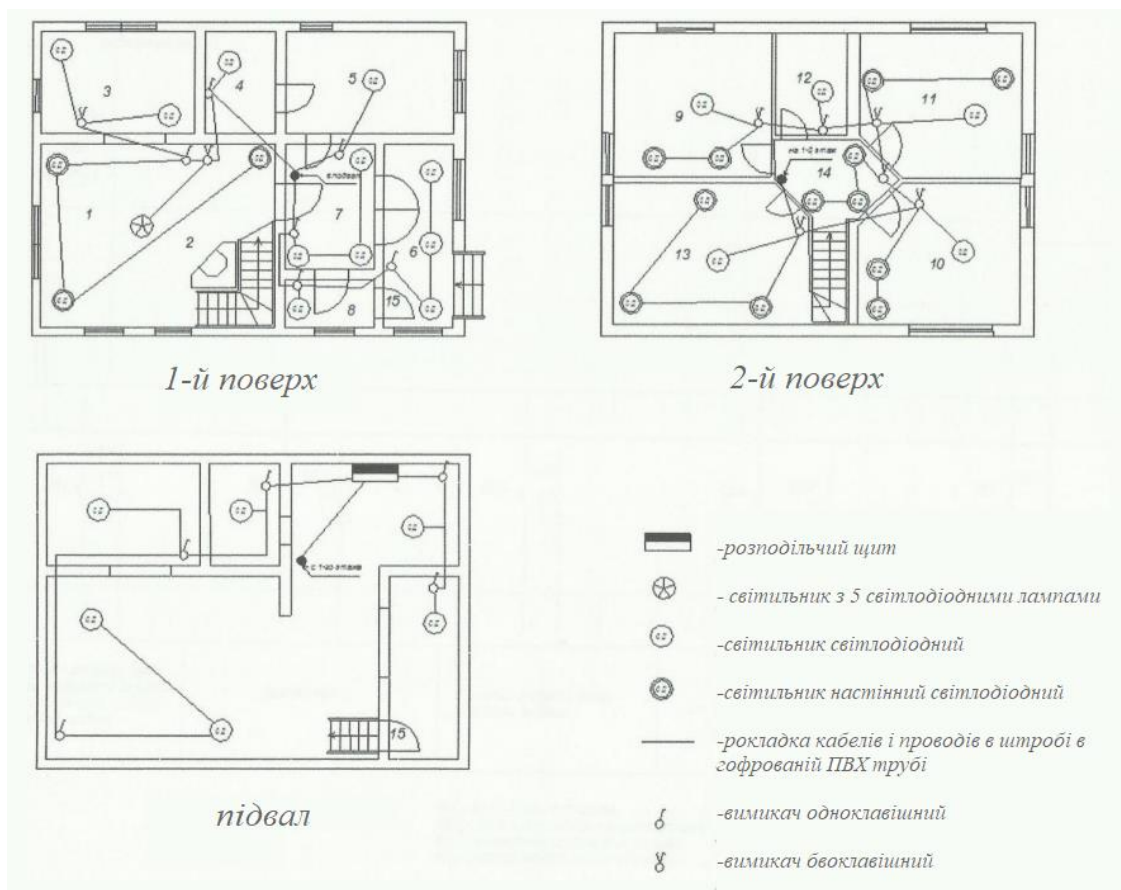


Рисунок 2.6 - План котеджу з розташуванням освітлювальних приладів

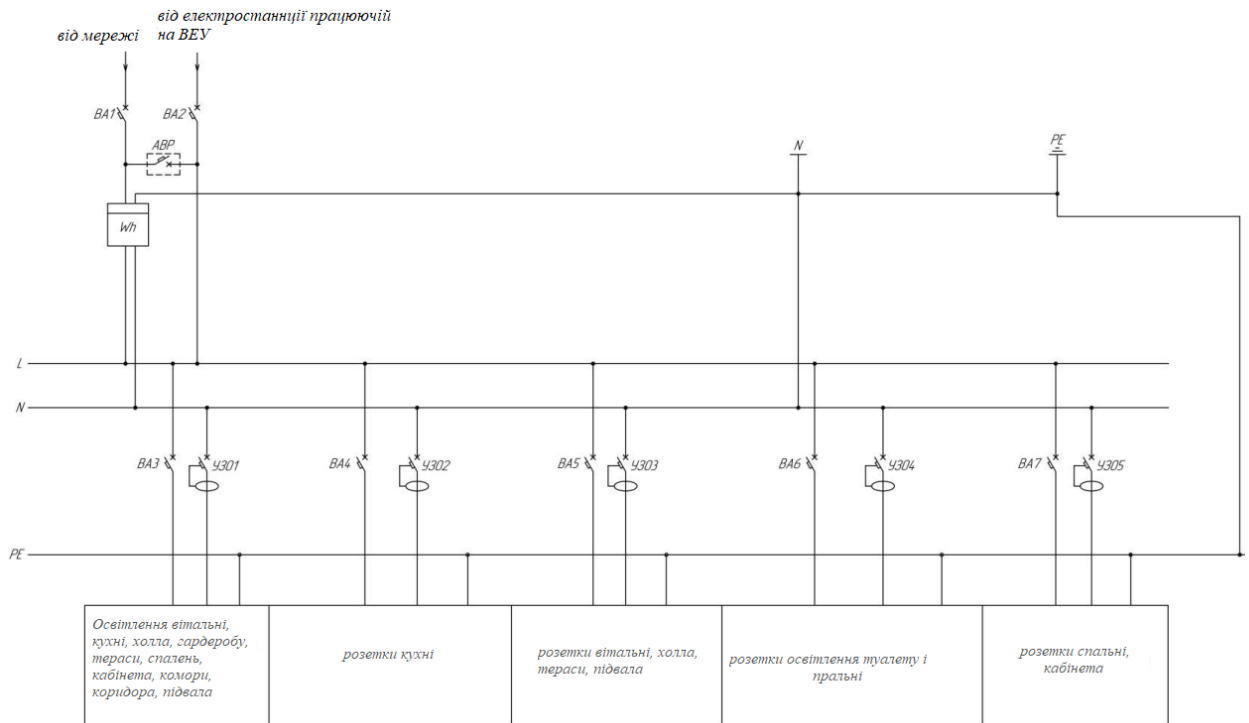


Рисунок 2.7 - Схема розподільного щита котеджу: ВА1 - ВА7 - ввідні автомати; ПЗВ1 - ПЗВ5 - пристрої захисного вимкнення; АВР - автоматичне вмикання резерву; Wh - лічильник електричної енергії однофазний.

На рисунку 2.5 показано розташування розеток у котеджі, на рисунку 2.6 - розташування освітлювальних приладів. Схему розподільного щита котеджу представлено на рисунку 2.7. Живлення навантаження здійснюється від електроустановки, що працює на поновлюваних джерелах енергії (ВДЕ). В разі розрядки акумуляторів живлення за допомогою АВР переводиться на електричну мережу. Далі розрахуємо параметри електроустановок, що працюють на альтернативному джерелі енергії для живлення навантаження загальною потужністю 7,834 кВт.

Максимальне навантаження змінного струму відповідно до таблиці 3 становить $P_{max} = 7,834$ кВт. Розрахуємо добове енергоспоживання електроприймачів $W_{пер.}$, помноживши їхню потужність на число годин роботи на добу (таблиця 4). Холодильник працює 24 години на добу, проте протягом цього часу споживана ним потужність нижча за номінальну, тому візьмемо до рахунку паспортне значення добового енергоспоживання. Пілосос користується не щодня. У середньому він працює 3 рази на тиждень по 30 хвилин, тобто 1,5 години на 7 днів. Тоді на один день припадає 0,2 години його роботи. Пральна машина також

працює не кожен день. У середньому вона здійснює по 2 цикли прання 3 рази на тиждень, тобто виходить 6 циклів на тиждень або 0,85 циклу на годину.

Таблиця 2.2 - Добове енергоспоживання електроприймачів

Найменування електроприймача	Номинальна потужність, кВт	Кількість, шт.	Загальна потужність, кВт	Час роботи на добу, год	Споживана за добу електроенергія, кВт-год
Холодильник	-	-	-	-	0,6
Телевізор	0,2	3	0,6	4	2,4
Ноутбук	0,06	4	0,24	4	0,96
Пральна машина	0,9	1	0,9	0,75	0,68
Посудомийна машина	0,8	1	0,8	0,6	0,48
Мікрохвильова піч	1,0	1	1,0	0,3	0,3
Електричний чайник	1,7	1	1,7	0,15	0,26
Праска	0,8	1	0,8	0,2	0,16
Пилосос	1,2	1	1,2	0,2	0,24
Освітлення					
Вітальня	0,007	8	0,056	5	0,280
Кухня	0,007	2	0,014	2	0,028
3 спальні	0,007	9	0,063	12	0,756
Кабінет	0,007	4	0,028	3	0,084
Коридор	0,007	3	0,021	0,5	0,011
Хол	0,007	3	0,021	0,5	0,011
Тераса	0,007	3	0,021	1	0,021

Продовження таблиці 2.2 - Добове енергоспоживання електроприймачів

Найменування електроприймача	Номинальна потужність, кВт	Кількість, шт.	Загальна потужність, кВт	Час роботи на добу, год	Споживана за добу електроенергія, кВт-год
Санвузол	0,007	1	0,007	2	0,014
Пральня	0,007	1	0,007	0,25	0,001
Гардеробна	0,007	1	0,007	0,5	0,003
Комора	0,007	1	0,007	0,16	0,001
Підвал	0,007	6	0,042	0,25	0,001
Разом освітлення					1,211
Разом					7,291

Щоб визначити, на який час доби припадає пік навантаження і протягом якого часу він триває, побудуємо добовий графік навантаження котеджу (рисунк 2.8).

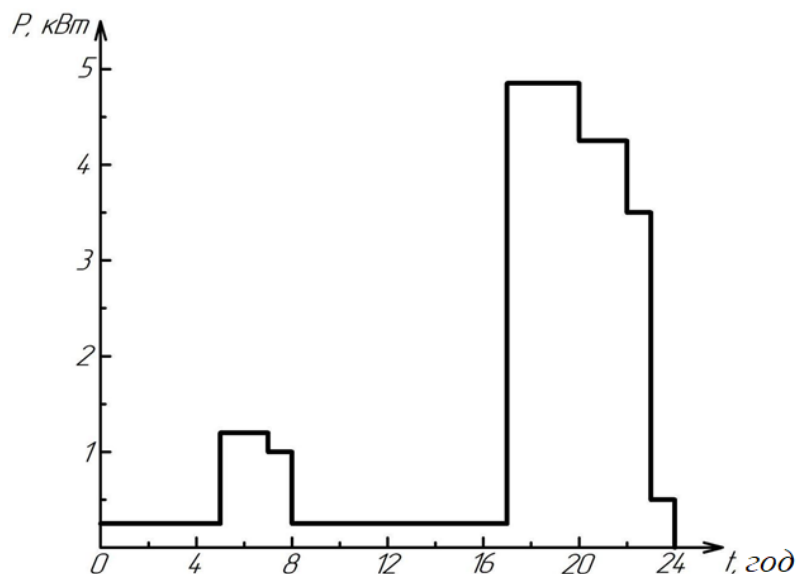


Рисунок 2.8 - Добовий графік навантаження котеджу

Як видно з графіка, пік навантаження становить 4,8 кВт і триває з 17.00 до 20.00, тобто протягом трьох годин. Зазвичай у цей час сонце наближається до заходу сонця, тому живлення навантаження забезпечують акумуляторні батареї.

Щоб визначити необхідну енергію постійного струму, помножимо отримане значення добового енергоспоживання навантаження змінного струму на коефіцієнт, що враховує втрати в інверторі $K_{інв}$:

$$W_{пост} = W_{зм} K_{інв} \quad (2.1)$$

$$W_{пост} = 7.291 \cdot 1,12 = 8.02 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Вхідну напругу інвертора приймаємо $U_{інв} = 24 \text{ В}$. Розділивши отримане значення $W_{пост}$ на величину вхідної напруги інвертора, отримаємо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження.

$$W_{Агод} = \frac{W_{пост}}{U_{інв}} \quad (2.2)$$

$$W_{Агод} = \frac{8,02}{24} = 0,334 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

2.3 Фотоелектрична система для живлення об'єкта дослідження

Фотоелектрична система (сонячна електроустановка) складається із сонячних батарей, акумулятора, зарядного пристрою акумулятора (контролера), інвертора, сполучних кабелів. Для роботи паралельно з мережею необхідний також пристрій автоматичного включення резерву (АРВ).

Структурна схема сонячної електроустановки використовуваної паралельно з мережею, представлено на рисунку 2.9.

Розрахунок параметрів фотоелектричної системи можна розділити на 3 основні етапи:

- Визначення навантаження і споживаної енергії;
- Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості;
- Визначення необхідної кількості фотоелектричних модулів, виходячи з даних щодо приходу сонячної радіації в місці встановлення системи.

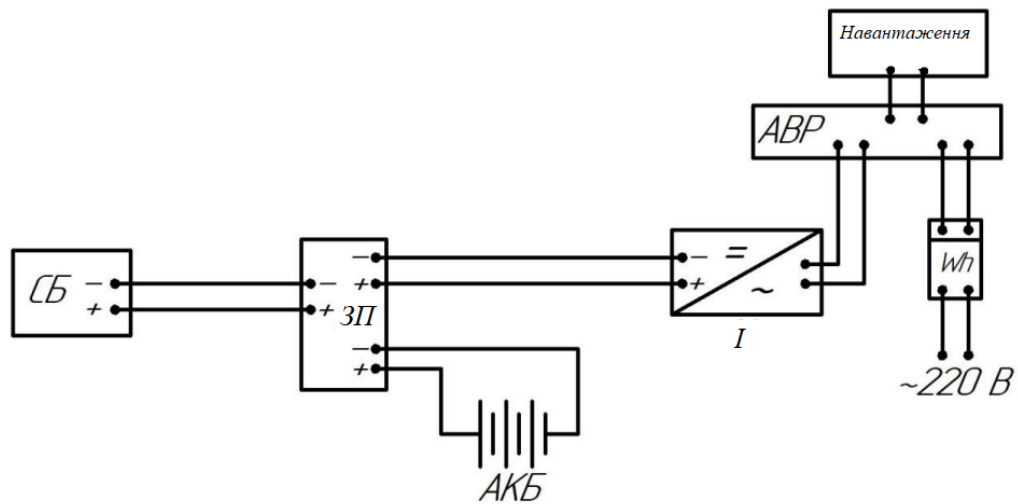


Рисунок 2.9 - Використання сонячної електроустановки паралельно з мережею

Далі необхідно вибрати акумулятори, які будуть використовуватися у фотоелектричній системі. Існують різні типи акумуляторних батарей.

За результатами проведеного аналізу приймаємо до використання герметичні необслуговувані свинцево - кислотні акумулятори. А точніше гелієві свинцево кислотні акумулятори, які найбільш рекомендовані для застосування в системах, що використовують поновлювані джерела енергії. Конструкція гелієвих акумуляторів являє собою модифікацію свинцево - кислотного акумулятора. До електроліту додається гелієвий компонент для скорочення руху всередині акумулятора. У багатьох гелієвих акумуляторах також використовуються одноходові клапани замість відкритих повітряних, це сприяє тому, що гази, які виділяються, знову розчиняються у воді всередині акумулятора, пригнічується газоутворення. В акумуляторах на "гелієвих елементах" виключено пролиття навіть у разі поломки. Гелієві акумулятори допускають розрядку до 60% практично без скорочення терміну служби.

Далі необхідно визначити їхню ємність з урахуванням кількості днів, протягом яких акумуляторна батарея житиме навантаження самостійно. Припустимо, що максимальне число днів без сонця $n=6$. Тоді максимальне енергоспоживання, яке має задовольнити батарея без підзарядки, складе:

$$W_{\max} = W_{\text{дод}} \cdot n \quad (2.3)$$

$$W_{\max} = 0,334 \cdot 6 = 2,004 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Необхідно задати глибину розряду батареї $K_{роз}$. Для обраного типу акумулятора максимальна глибина розряду 60 %.

Тоді необхідна ємність становитиме:

$$W_{номр} = \frac{W_{max}}{K_{роз} / 100\%} \quad (2.4)$$

$$W_{номр} = \frac{2,004}{60 / 100} = 3,34 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

З урахуванням залежності ємності батареї від температури приміщення, в якому вона буде розташовуватися, необхідна ємність складе: $W_{АКБ}$

$$W_{АКБ} = W_{номр} \cdot K_{н.с.} \quad (2.5)$$

$$W_{АКБ} = 3,34 \cdot 1,04 = 3,47 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

де $K_{н.с.}$ - коефіцієнт, що враховує зменшення ємності батареї в разі зниження температури довкілля (узятий для температури 21 °С).

Розглянемо кілька варіантів гелієвих акумуляторних батарей і виберемо найбільш підходящу. Варіанти та їхні характеристики представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Акумуляторні батареї

Параметри	GPL 24-240	LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН
Ємність, А-год	240	250
Номинальна напруга, В	12	24
Діапазон робочих температур, ° С	від -20 до +50	від -20 до +50
Термін служби, років	10-15	10-15
Габарити (Д*В*Ш), мм	521*269*220	520*268*212
Кількість, шт.	5	5

Обираємо акумуляторні батареї LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН ємністю $W_{ном} = 0,25 \text{ кА} \cdot \text{год}$ на номінальну напругу 24 В. Вони мають оптимальні

параметри. Кількість послідовно з'єднаних акумуляторів становить 2 штуки, для того щоб заживити інвертор.

Кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей визначається таким чином:

$$n = \frac{W_{AKB}}{W_{ном}} \quad (2.6)$$

$$n = \frac{3,47}{0,25} = 13,9 \approx 14$$

Число акумуляторних батарей вийшло досить велике, тоді як вартість їх доволі висока. Така кількість акумуляторів гарантує електропостачання котеджу навіть у разі максимальної кількості днів без сонця поспіль, і водночас гарантує дуже тривалі терміни окупності. Однак, як правило, кількість днів без сонця зазвичай менше 6. Цілком можливо скоротити кількість акумуляторних батарей, прийнявши число днів без сонця поспіль рівним 2. У разі розряду акумуляторних батарей (кількість днів без сонця виявиться більшою за 2) їхнє підзарядження можна здійснити від основної електричної мережі.

Розглянемо варіант, коли число днів без сонця дорівнює 2. Тоді:

$$W_{\max} = 0,334 \cdot 2 = 0,668 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

$$W_{\text{номр}} = \frac{0,668}{60 / 100} = 1,11 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

$$W_{AKB} = 1,11 \cdot 1,04 = 1,16 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

$$n = \frac{1,16}{0,25} = 4,7 \approx 5$$

2.3.1 Визначення необхідної кількості фотоелектричних модулів

Перш за все, необхідно визначити число пікових сонце-годин у день.

Кілька факторів впливають на те, як багато сонячної енергії буде приймати сонячну батарею:

- в яку пору року буде використовуватися система;
- типові погодні умови місцевості;
- чи буде система орієнтуватися на сонце;
- розташування і кут нахилу фотоелектричних модулів.

Вироблення електроенергії сонячною батареєю залежить від кута падіння на неї сонячних променів. Максимум буває при куті 90 градусів. Привідхиленні від цього кута все більша кількість променів відбивається, а не поглинається сонячною батареєю. Для надійного електропостачання обираємо із середньомісячних значень найменше для періоду, протягом якого використовуватиметься ФЕС. Обране середньомісячне значення для найгіршого місяця потрібно розділити на число днів у місяці. Отримаємо середньомісячне число пікових сонце-годин. Для визначення струму, який має генерувати сонячна батарея, розділимо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження, на число пікових сонце-годин:

$$I_{м.р.} = \frac{W_{АКБ} \cdot K_{АКБ}}{t_{пик}} \quad (2.7)$$

$$I_{м.р.} = \frac{334 \cdot 1,2}{6} = 66,8 \text{ А}$$

де $K_{АКБ}$ - коефіцієнт, що враховує втрати на заряд-розряд акумуляторної батареї.

У таблиці 2.4 представлено кілька варіантів сонячних батарей, їхні характеристики. Обираємо модуль Аbi-Solar 250 Вт, 24 В з максимальним струмом $I_m = 12$ А на напругу 24 В, оскільки він має оптимальні габаритні показники і максимальний струм.

Таблиця 2.4 - Сонячні батареї

Параметри	Аbi-Solar 250 Вт, 24 В	RZMP-220-Т
Потужність, Вт	250	230
Напруга, В	24	24
Струм, А	12	8,7
Габарити (Д*В*Ш), мм	1633*1006*38	1642*984*36
Діапазон робочих температур, °С	від -40 до +70	від -40 до +85
Кількість, шт.	6	6

Зовнішній вигляд сонячної батареї представлено на рисунку 2.10

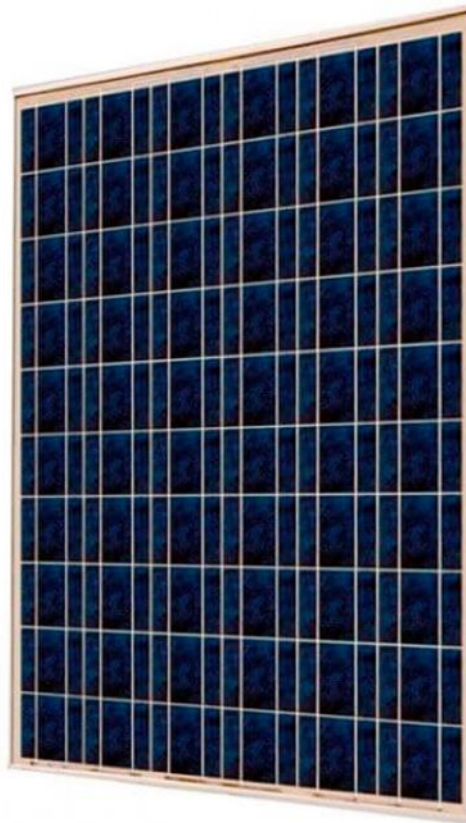


Рисунок 2.10 - Зовнішній вигляд сонячної батареї Abi-Solar 250 Вт, 24 В

Необхідна кількість паралельно з'єднаних модулів визначається за формулою:

$$n = \frac{I_{m.p.}}{I_m} \quad (2.8)$$

$$n = \frac{66,8}{12} = 5,6 \approx 6$$

Номінальна напруга постійного струму системи та номінальна напруга модуля збігаються, тому послідовно з'єднаних батарей не потрібно.

Крім того, необхідно вибрати інвертор і зарядний пристрій (контролер).

2.3.2 Інвертор напруги для фотоелектричної системи

Інвертор. напруги (ІН) - пристрій, що перетворює електричну енергію джерела напруги постійного струму в електричну енергію змінного струму.

Інвертори можуть застосовуватися у вигляді окремого закінченого пристрою або входити до складу джерел і систем безперебійного живлення

апаратури електричною енергією змінного струму. Як і будь-який інший силовий пристрій, інвертор повинен мати високий ККД, володіти високою надійністю і мати прийнятні масогабаритні характеристики. Крім того, інвертор повинен мати допустимий рівень вищих гармонійних складових у кривій вихідної напруги (допустиме значення коефіцієнтів гармонік) і не створювати під час роботи неприпустимий для інших споживачів рівень пульсації на затискачах джерела енергії.

Виділяють три основні схеми інверторів напруги:

- З нульовим виходом джерела (напівмостовий ІН).

Сфера застосування: пристрої безперебійного живлення потужністю 500 ВА, установки з високим значенням енергії (220...360 В).

- З нульовим виводом трансформатора.

Галузь застосування: пристрої безперебійного живлення комп'ютерів потужністю (250...500 ВА), за низького значення напруги (12...24 В), перетворювачі напруги для рухомих систем радіозв'язку.

- Мостова схема.

Сфера застосування: пристрої безперебійного живлення відповідальних споживачів із широким діапазоном потужностей.

Найчастіше застосовується мостова схема. На рисунку 2.11 наведено однофазну мостову схему інвертора напруги, а на рисунку 2.12 - діаграми напруг і струмів, що ілюструють її роботу.

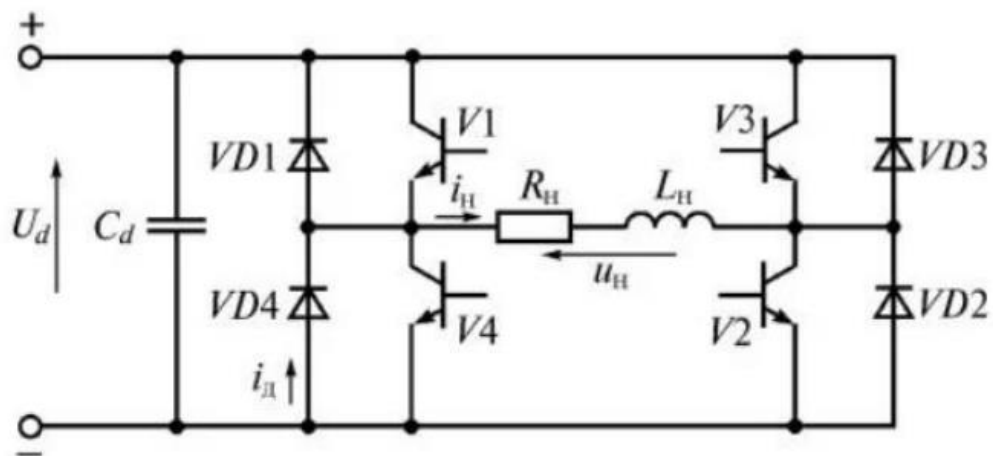


Рисунок 2.11 - Однофазна мостова схема інвертора напруги

Пари транзисторів VT1, VT2 і VT3, VT4 утворюють діагоналі моста, а пари транзисторів VT1, VT4 і VT2, VT3 утворюють стійки моста. У разі парного ввімкнення транзисторів VT1, VT2 або VT3, VT4 знаки напруги на навантаженні протилежні. Розглянемо докладніше процеси під час роботи АІН на активно-індуктивне навантаження. Під час увімкнення транзисторів VT1, VT2 з моменту t_1 струм проходить ланцюгом $+$, VT1, R_n , L_n , VT2 - джерела живлення. Після вимкнення транзисторів VT1, VT2 у момент t_2 керуючі імпульси подаються на транзистори VT3, VT4, але вони не можуть увімкнутися, оскільки струм в індуктивності не може миттєво змінити напрямок. Тому після вимкнення транзисторів VT1, VT2 струм проходить ланцюгом L_n , VD3, джерело живлення, VD4, R_n . Енергія, запасена в індуктивності навантаження, повертається в джерело живлення. Після спаду струму до нуля в момент t_3 відкриваються транзистори VT3, VT4 і струм у навантаженні змінює напрямок. Далі процеси йдуть аналогічно. Трифазну мостову схему інвертора напруги наведено на рисунку 2.13.

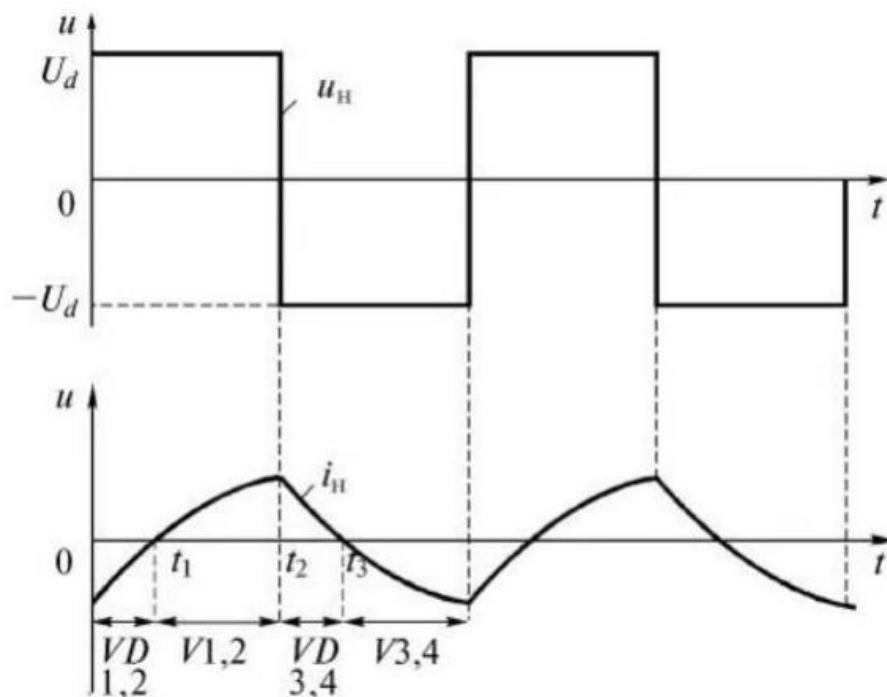


Рисунок 2.12 - Діаграми струмів і напруг, що ілюструють роботу однофазної мостової схеми інвертора напруги

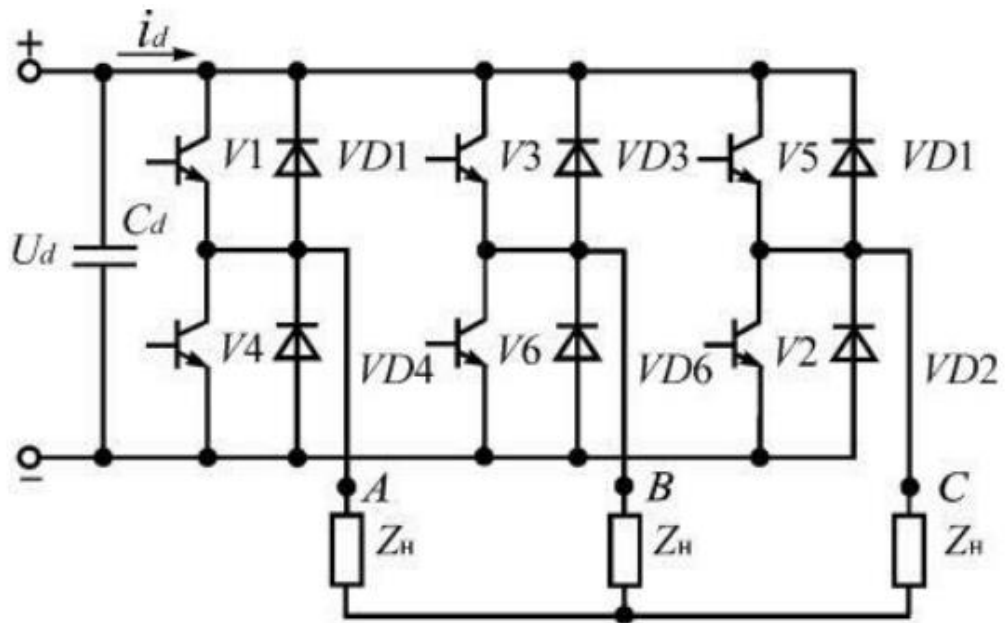


Рисунок 2.13 - Трифазна мостова схема інвертора напруги

Виходячи з вищесказаного, зупинимо вибір на інверторі, що видає синусоїдальна напруга. Згідно з добовим графіком навантаження (рисунок 2.8) пікова потужність становить 4,8 кВт, отже, потужність має бути більшою або дорівнювати 4,8 кВт. У таблиці 2.5 представлено кілька варіантів інверторів та їхні характеристики.

Таблиця 2.5 - Моделі інверторів

Параметри	Victron MultiPlus 24/5000/120-50	Quattro 24/8000/190- 100/100
Номінальна потужність, кВт	6	8
Номінальне вхідне напруга, В	24	24
Номінальне вихідне напруга, В	230±4%	230±1%
Тривалий струм зарядки, А	120	190
Гармонійні спотворення, %	4	3
Форма хвилі	Чиста синусоїда	Чиста синусоїда

Вибираємо інвертор Victron MultiPlus 24/5000/120-50. В інвертор вбудовано зарядний пристрій, здійснюється функція контролю заряду. Зовнішній вигляд представлено на рисунку 2.14



Рисунок 2.14 - Зовнішній вигляд інвертора Victron MultiPlus 24/5000/120-50

2.3.3 Вибір зарядного пристрою для фотоелектричної системи

Найпростіші контролери просто відключають джерело енергії (сонячну батарею) при досягненні номінальної напруги на акумуляторній батареї (АКБ). При зниженні напруги на АКБ знову під'єднується сонячна батарея і заряд поновлюється. При цьому максимальний рівень зарядженості АКБ при цьому становить 60-70%. При регулярному недозаряді відбувається сульфатація пластин і різке скорочення терміну служби АБ.

Складніші контролери на завершальній стадії заряду використовують так звану широтно-імпульсну модуляцію (ШІМ) струму заряду. При цьому можливий заряд АКБ до 100%.

Заряд акумулятора від сонячної батареї має 4 стадії:

- Заряд максимальним струмом.

На цій стадії батарея отримує весь струм, що надходить від сонячних модулів.

- ШІМ заряд.

Коли напруга на АКБ досягає певного рівня, контролер починає підтримувати постійну напругу за рахунок ШІМ струму заряду. Це запобігає перегріванню і газоутворенню в акумуляторі. Струм поступово зменшується в міру заряду акумуляторної батареї.

- Вирівнювання.

Багато батарей з рідким електролітом покращують свою роботу за періодичного заряду до газоутворення, водночас вирівнюються напруги на різних банках АКБ і відбувається очищення пластин і перемішування електроліту.

- Підтримує заряд.

Коли АКБ повністю заряджена, зарядна напруга зменшується для запобігання подальшого нагріву або газоутворення в батареї. АКБ підтримується в зарядженому стані".

Окремо зарядний пристрій обирати немає необхідності, оскільки він уже вбудований в інвертор.

2.4 Висновки до розділу

В даному розділі було розраховано параметри електроустановок, що працюють на сонячній та вітровій енергії: фотоелектричної системи, вітрової електростанції та гібридної вітрової сонячної електростанції.

Занадто дорогим виявився варіант живлення всього навантаження котеджу від фотоелектричної системи, як і варіант живлення всього навантаження від вітрової електростанції

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Живлення частини навантаження від фотоелектричної системи

Витрати на оснащення котеджу фотоелектричною системою, здатною живити все навантаження, досить великі. Варіанта підзарядки акумуляторів від мережі в разі їхньої розрядки (тобто коли число днів без сонця дорівнює 2). Термін окупності у такої системи буде значно більшим за термін служби. Розглянемо варіант живлення від фотоелектричної системи частини навантаження котеджу. У таблиці 3.1 представлена частина електроприймачів котеджу, що живиться від фотоелектричної системи та їх добове споживання.

Таблиця 3.1 - Добове споживання електроприймачів, які живляться від фотоелектричної системи

Найменування електроприймача	Номинальна потужність, кВт	Кількість, шт.	Загальна потужність, кВт	Час роботи на добу, ч	Спожива на за добу електроенергія, кВт-год
Холодильник	-	-	-	-	0,6
Телевізор	0,2	1	0,2	4	0,8
Ноутбук	0,06	2	0,12	4	0,48
Освітлення					
Вітальня	0,007	8	0,056	5	0,280
Кухня	0,007	2	0,014	2	0,028
3 спальні	0,007	9	0,063	12	0,756
Кабінет	0,007	4	0,028	3	0,084
Хол	0,007	3	0,021	0,5	0,011
Разом освітлення					1,159
Разом					3,039

Щоб визначити необхідну енергію постійного струму, помножимо отримане значення добового енергоспоживання навантаження змінного струму на коефіцієнт, що враховує втрати в інверторі (K):

$$W_{пост} = W_{зм} \cdot K_{інв} \quad (3.1)$$

$$W_{пост} = 3,039 \cdot 1,1 = 3,34 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вхідну напругу інвертора приймаємо $U_{інв} = 24 \text{ В}$. Розділивши отримане значення $W_{пост}$ на величину вхідної напруги інвертора, отримаємо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження.

$$W_{Агод} = \frac{W_{пост}}{U_{інв}} \quad (3.2)$$

$$W_{Агод} = \frac{3,34}{24} = 0,139 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Визначимо ємність акумуляторних батарей. Максимальна кількість днів без сонця $n=6$. Тоді максимальне енергоспоживання, яке має задовольнити батарея без підзарядки, становитиме:

$$W_{max} = W_{Агод} \cdot n \quad (3.3)$$

$$W_{max} = 0,139 \cdot 6 = 0,834 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тоді необхідна ємність з урахуванням глибини розряду акумулятора складе:

$$W_{номр} = \frac{W_{max}}{K_{роз} / 100\%} \quad (3.4)$$

$$W_{номр} = \frac{0,834}{60 / 100} = 1,39 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

З урахуванням залежності ємності батареї від температури приміщення, в якому вона буде розташовуватися, необхідна ємність складе:

$$W_{АКБ} = W_{номр} \cdot K_{н.с.} \quad (3.5)$$

$$W_{АКБ} = 1,39 \cdot 1,04 = 1,45 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де $K_{н.с.}$ - коефіцієнт, що враховує зменшення ємності батареї в разі зниження температури довкілля (узятий для температури 21 °C).

Обираємо акумуляторні батареї LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН ємністю $W_{ном} = 0,25 \text{ кВт} \cdot \text{год}$ на. Вони мають оптимальні габаритні параметри, і при цьому прийнятні за ціною.

Кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей визначається таким чином:

$$n = \frac{W_{AKB}}{W_{ном}} \quad (3.6)$$

$$n = \frac{1,45}{0,25} = 5,8 \approx 6$$

Для визначення струму, який має генерувати сонячна батарея, розділимо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження, на число пікових сонце-годин:

$$I_{м.р.} = \frac{W_{AKB} \cdot K_{AKB}}{t_{пик}} \quad (3.7)$$

$$I_{м.р.} = \frac{139 \cdot 1,2}{6} = 27,8 \text{ А}$$

де K_{AKB} коефіцієнт, що враховує втрати на заряд-розряд акумуляторної батареї.

Вибираємо модуль Abi-Solar 250 Вт з максимальним струмом $I_{max} = 12 \text{ А}$ на напругу 24 В.

Необхідна кількість паралельно з'єднаних модулів визначається за формулою:

$$n = \frac{I_{м.р.}}{I_{м}} \quad (3.8)$$

$$n = \frac{27,8}{12} = 2,3 \approx 3$$

Крім того, обираємо інвертор Must PH18-3024 PLUS МРК потужністю 3 кВт, із вхідною напругою постійного струму 24 В, вхідною напругою 230 В, гармонійними спотвореннями менше 4%. В інвертор вбудовано зарядний пристрій, є функція контролю розряду акумулятора.

3.2 Живлення частини навантаження від вітроенергетичної електроустановки

Вітроенергетичні електроустановки складаються з генератора, щогли, контролера заряду, інвертора та акумуляторних батарей (рисунок 3.1). Обертаючись, ротор генератора створює трифазний змінний струм, який передають на контролер, далі струм перетворюють на постійну напругу, його подають на акумуляторну батарею. Струм, проходячи по акумуляторах, одночасно і заряджає їх, і використовується на інвертор, де перетворюється на змінний струм 220 В, 50 Гц. Для роботи паралельно з мережею потрібен також пристрій автоматичного ввімкнення резерву (АВР).

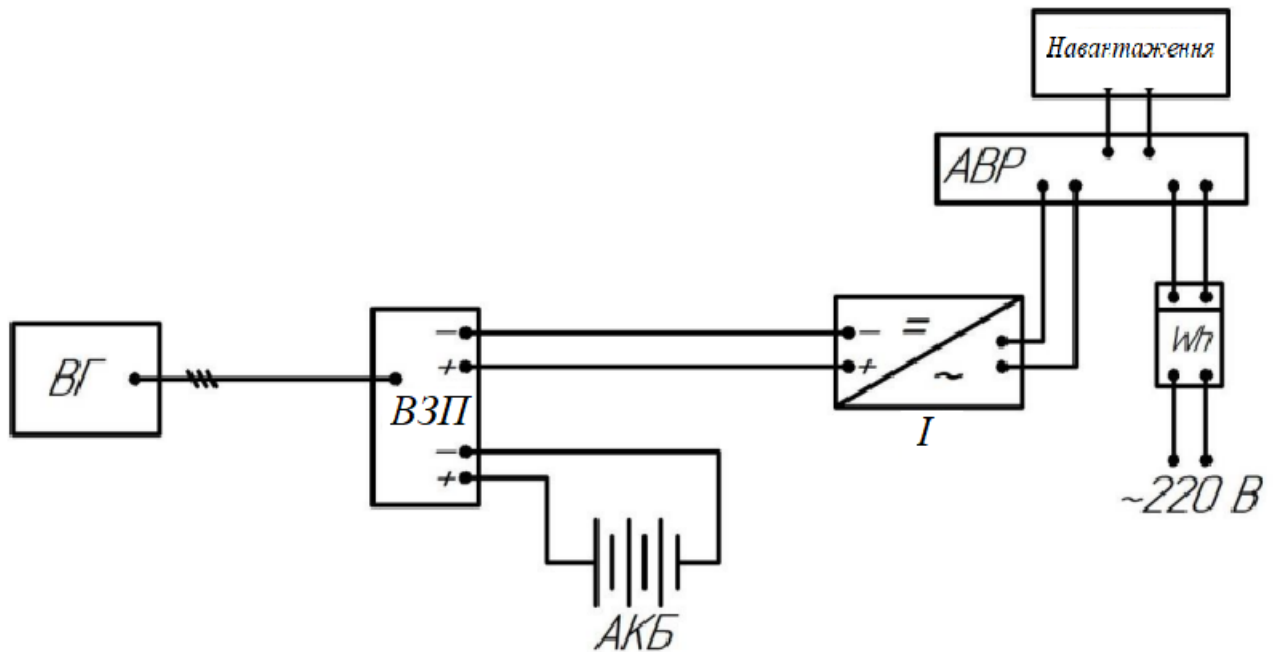


Рисунок 3.1 - Структурна схема вітроенергетичної електроустановки, що працює паралельно з мережею

Розрахунок вітроенергетичної електроустановки можна розділити на 3 основні етапи:

- Визначення навантаження і споживаної енергії;
- Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості;
- Визначення необхідної номінальної потужності вітроенергетичної електроустановки.

Визначення навантаження і споживаної енергії проводиться аналогічно цьому етапу під час розрахунку фотоелектричної системи. Таким чином,

відповідно до формули (2.2) число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження $W_{ном} = 0,334 \text{ кА} \cdot \text{год}$.

3.2.1 Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості

Необхідно визначити їхню ємність з урахуванням кількості днів, протягом яких акумуляторна батарея житиме навантаження самостійно - n (тобто n днів поспіль погода буде безвітряною). Припустимо, що $n=5$. Тоді максимальне енергоспоживання, яке має задовольнити батарея без підзарядки, становитиме:

$$W_{\max} = W_{\text{Агод}} \cdot n \quad (3.9)$$

$$W_{\max} = 0,334 \cdot 5 = 1,67 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Необхідно задати глибину розряду батареї $K_{роз}$. Глибину розряду батареї задамо 60%. Тоді необхідна ємність складе:

$$W_{номр} = \frac{W_{\max}}{K_{роз} / 100\%} \quad (3.10)$$

$$W_{номр} = \frac{1,67}{60 / 100} = 2,78 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

З урахуванням залежності ємності батареї від температури приміщення, в якому вона буде розташовуватися, необхідна ємність складе:

$$W_{АКБ} = W_{номр} \cdot K_{н.с.} \quad (3.11)$$

$$W_{АКБ} = 2,78 \cdot 1,04 = 2,89 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

де $K_{н.с.}$ - коефіцієнт, що враховує зменшення ємності батареї в разі зниження температури доквілля (узятий для температури 21°C).

Обираємо акумуляторні батареї LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН ємністю $W_{ном} = 0,25 \text{ кА} \cdot \text{год}$ на номінальну напругу 24 В.

Кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей визначається таким чином:

$$n = \frac{W_{АКБ}}{W_{ном}} \quad (28)$$

$$n = \frac{2,89}{0,25} = 11,56 \approx 12$$

Щоб визначити кількість послідовно з'єднаних блоків із n паралельно з'єднаних акумуляторних батарей, необхідно розділити напругу системи на напругу акумуляторної батареї.

Число акумуляторних батарей вийшло досить велике, тоді як вартість їх досить висока. Така кількість акумуляторів гарантує електропостачання котеджу навіть у разі максимальної кількості днів без сонця поспіль, і водночас гарантує дуже тривалі терміни окупності. Однак, як правило, кількість днів без вітру на території Самарської області зазвичай менша за 5. Цілком можливо скоротити кількість акумуляторних батарей, прийнявши число днів без вітру поспіль рівним 2. У разі розрядки акумуляторних батарей (кількість днів без вітру виявиться більшою за 2) їхнє підзарядження можна здійснити від основної електричної мережі.

Розглянемо варіант, коли число днів без вітру дорівнює 2. Тоді:

$$W_{\max} = 0,334 \cdot 2 = 0,668 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

$$W_{\text{ном}} = \frac{0,668}{60/100} = 1,11 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

$$W_{\text{АКБ}} = 1,11 \cdot 1,04 = 1,16 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

$$n = \frac{1,16}{0,25} = 4,64 \approx 5$$

3.2.2 Визначення необхідної номінальної потужності вітроенергетичної електроустановки

Номінальна потужність вітроенергетичної електроустановки дорівнює:

$$P_{\text{ном}} = \xi \cdot \pi \cdot \frac{R^2}{2} \cdot V_{\text{розр}}^3 \cdot \rho \cdot \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{ген}} \quad (3.12)$$

де ξ - коефіцієнт використання енергії вітру (відношення механічної енергії, що розвивається вітроколесом, до повної енергії вітру, що проходить через обмітану площу вітроколеса);

R - радіус ротора, м;

$V_{\text{розр}}$ - розрахункова швидкість вітру, м/с;

ρ - густина повітря, кг/м³ ;

$\eta_{ред}$ - ККД редуктора;

$\eta_{ген}$ - ККД генератора.

Розрахункова - це швидкість вітру, за якої генератор вітроустановки видає номінальну потужність. Зазвичай її приймають рівною 10-12 м/с залежно від регіону. Природно, що швидкість вітру не може постійно дорівнювати розрахунковій, а значить і вітрогенератор видає номінальну потужність не постійно.

Пікова миттєва потужність згідно з добовим графіком навантаження котеджу дорівнює 4,8 кВт. Визначимо необхідну номінальну потужність вітрогенератора, вважаючи, що розрахункова швидкість дорівнює 10 м/с, а миттєва швидкість вітру більшу частину доби дорівнює 4,3 м/с:

$$P_{ном} = \frac{P_{мит} \cdot V_{роз}^3}{V_{мит}^3} \quad (3.13)$$

$$P_{ном} = \frac{4,8 \cdot 10^3}{4,3^3} = 60,3 \text{ кВт}$$

Таким чином, генератор потужністю 60,3 кВт видає за швидкості вітру 4,3 м/с потужність 4,8 кВт.

Вітрогенератор потужністю 60 кВт має дуже високу вартість, тому найприйнятнішим варіантом використання вітроенергетичної електроустановки для електропостачання котеджу є живлення частини його навантаження від цієї установки. Скористаємося розрахунками, виконаними для варіанта живлення частини навантаження від фотоелектричної системи (таблиця 3.1).

Щоб визначити необхідну енергію постійного струму, помножимо отримане значення добового енергоспоживання навантаження змінного струму на коефіцієнт, що враховує втрати в інверторі ($K_{инв}$):

$$W_{пост} = W_{зм} K_{инв} \quad (3.14)$$

$$W_{пост} = 3,039 \cdot 1,1 = 3,34 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вхідну напругу інвертора приймаємо $U_{инв} = 24$ В. Розділивши отримане значення $W_{пост}$ на величину вхідної напруги інвертора, отримаємо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження.

$$W_{Azod} = \frac{W_{пост}}{U_{інв}} \quad (3.15)$$

$$W_{Azod} = \frac{3,34}{24} = 0,139 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Визначимо ємність акумуляторних батарей. Максимальна кількість днів без вітру $n=4$. Тоді максимальне енергоспоживання, яке має задовольнити батарея без підзарядки, становитиме:

$$W_{\max} = W_{Azod} \cdot n \quad (3.16)$$

$$W_{\max} = 0,139 \cdot 6 = 0,556 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Тоді необхідна ємність з урахуванням глибини розряду акумулятора складе:

$$W_{нотр} = \frac{W_{\max}}{K_{роз} / 100\%} \quad (3.17)$$

$$W_{нотр} = \frac{0,556}{60 / 100} = 0,93 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

З урахуванням залежності ємності батареї від температури приміщення, в якому вона буде розташовуватися, необхідна ємність складе:

$$W_{АКБ} = W_{нотр} \cdot K_{н.с.} \quad (3.18)$$

$$W_{АКБ} = 2,78 \cdot 1,04 = 2,89 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

де $K_{н.с.}$ - коефіцієнт, що враховує зменшення ємності батареї в разі зниження температури довкілля (узятий для температури 21 °C).

Обираємо акумуляторні батареї LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН ємністю $W_{ном} = 0,25 \text{ кА} \cdot \text{год}$ на номінальну напругу 24 В.

Кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей визначається таким чином:

$$n = \frac{W_{АКБ}}{W_{ном}} \quad (3.19)$$

$$n = \frac{0,96}{0,25} = 3,84 \approx 4$$

Далі розрахуємо необхідну номінальну потужність вітрогенератора. Пікова миттєва потужність згідно з таблицею 3.1 дорівнює 3,039 кВт. Визначимо необхідну номінальну потужність вітрогенератора, вважаючи, що розрахункова

швидкість дорівнює 10 м/с, а миттєва швидкість вітру більшу частину доби дорівнює 4,3 м/с:

$$P_{ном} = \frac{P_{мит} \cdot V_{розр}^3}{V_{мит}^3} \quad (3.20)$$

$$P_{ном} = \frac{3,039 \cdot 10^3}{4,3^3} = 38,2 \text{ кВт}$$

Потужність вітрогенератора знову вийшла досить великою, як, утім, і його вартість. Робимо висновок, що живлення від вітроенергетичної електроустановки не є рентабельним, оскільки термін її окупності значно перевершує термін служби.

3.3 Живлення від гібридної вітросонячної електроустановки

Розглянемо варіант живлення частини навантаження від гібридно вітросонячної електроустановки.

Дана електроустановка представлена на рисунку 3.2 може використовуватися як автономно, так і паралельно з мережею. Якщо блок використовується паралельно з електромережею в якості основного джерела живлення, то в разі повної розрядки акумуляторних батарей (тобто при зникненні живлення) можливе перемикання живлення навантажень на основну мережу за допомогою пристрою АВР; якщо електроустановка використовується як резервне джерело живлення, то в разі аварії в основній мережі за допомогою пристрою АВР можливе перемикання живлення навантажень на батареї електроустановки

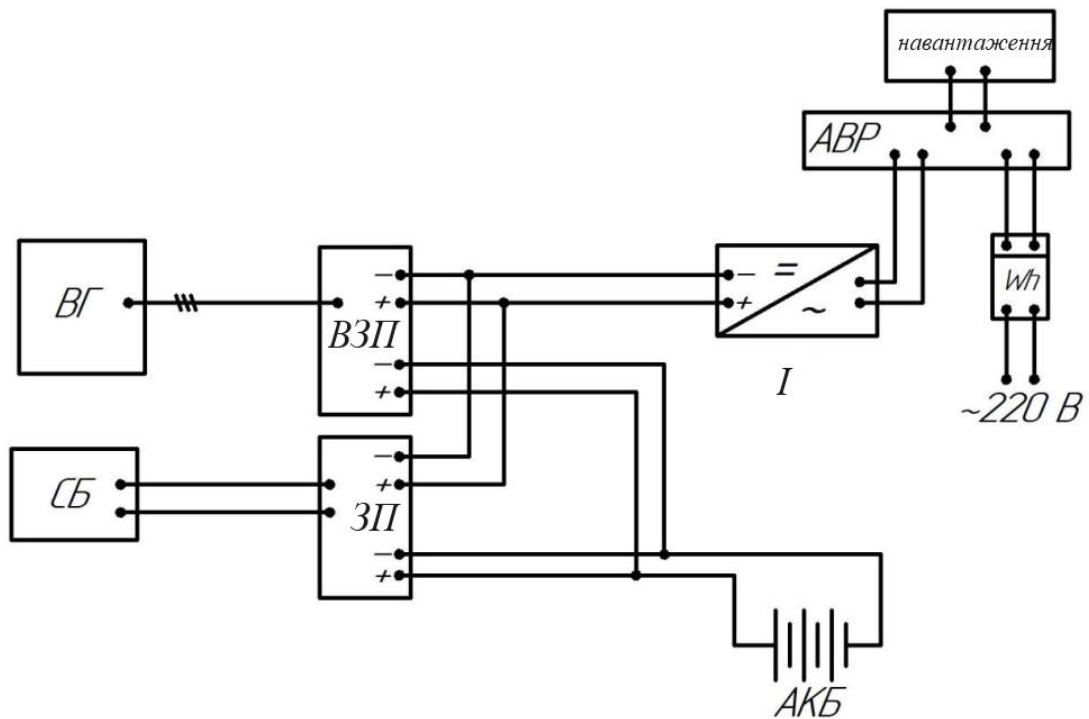


Рисунок 3.2 - Структурна схема гібридної електроустановки, що працює паралельно з мережею

Під час комплектації вітро сонячної електроустановки припускаємо, що вітрогенератор живитиме більшу частину навантаження, ніж сонячні батареї. Нехай із 3,039 кВт-год, споживаних навантаженням на добу, на вітрогенератор припадає 1,8 кВт-год, а на сонячні батареї 1,239 кВт-год.

3.3.1 Вибір сонячних батарей

Щоб визначити необхідну енергію постійного струму, помножимо отримане значення енергоспоживання навантаження змінного струму на коефіцієнт, що враховує втрати в інверторі ($K_{інв}$):

$$W_{пост} = W_{зм} K_{інв} \quad (3.21)$$

$$W_{пост} = 1,239 \cdot 1,1 = 1,369 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вхідну напругу інвертора приймаємо $U_{інв} = 24 \text{ В}$. Розділивши отримане значення $W_{пост}$ на величину вхідної напруги інвертора, отримаємо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження.

$$W_{Агод} = \frac{W_{пост}}{U_{інв}} \quad (3.22)$$

$$W_{\text{Агод}} = \frac{1,363}{24} = 0,057 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Для визначення струму, який має генерувати сонячна батарея, розділимо число ампер-годин на добу, необхідне для покриття навантаження, на число пікових сонце-годин:

$$I_{\text{м.р.}} = \frac{W_{\text{АКБ}} \cdot K_{\text{АКБ}}}{t_{\text{пик}}} \quad (3.23)$$

$$I_{\text{м.р.}} = \frac{57 \cdot 1,2}{6} = 11,4 \text{ А}$$

де $K_{\text{АКБ}}$ коефіцієнт, що враховує втрати на заряд-розряд акумуляторної батареї.

Вибираємо модуль Abi-Solar 250 Вт з максимальним струмом $I_{\text{max}} = 12 \text{ А}$ на напругу 24 В. Необхідна кількість паралельно з'єднаних модулів визначається за формулою:

$$n = \frac{I_{\text{м.р.}}}{I_{\text{max}}} \quad (3.24)$$

$$n = \frac{11,4}{12} = 0,95 \approx 1$$

Номінальна напруга постійного струму системи та номінальна напруга модуля збігаються, тому послідовно з'єднаних батарей не потрібно.

3.3.2 Вибір вітрогенератора

Вітрогенератор має забезпечити вироблення 1,8 кВт-год на добу. Припустимо, що вітер дме зі швидкістю 4,3 м/с 8 годин на добу. Тоді пікова миттєва потужність, яку має виробляти вітрогенератор, дорівнює:

$$P_{\text{мит}} = \frac{W_{\text{доб}}}{t_{\text{доб}}} \quad (3.25)$$

$$P_{\text{мит}} = \frac{1,8}{8} = 0,225 \text{ кВт}$$

Визначимо необхідну номінальну потужність вітрогенератора, вважаючи, що розрахункова швидкість дорівнює 10 м/с, а миттєва швидкість вітру більшу частину доби дорівнює 4,3 м/с:

$$P_{ном} = \frac{P_{мит} \cdot V_{розр}^3}{V_{мит}^3} \quad (3.26)$$

$$P_{ном} = \frac{0,225 \cdot 10^3}{4,3^3} = 2,8 \text{ кВт}$$

Таким чином генератор потужністю 2,8 кВт видає за швидкості вітру 4,3 м/с потужність 0,225 кВт.

Візьмемо до установки вітроенергетичну електроустановку ВЕУ-3 з генератором номінальною потужністю 3 кВт. У комплект, крім вітрогенератора, входить також щогла, випрямно-зарядний пристрій (контролер), інвертор.

Характеристики вітроенергетичної електроустановки ВЕУ-3 подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристики ВЕУ- ENERSUN-3000

Найменування параметра	Значення параметра
Кількість лопатей, шт.	3
Матеріал лопатей	Посилений склопластик
Номінальна потужність, Вт	3000
Розрахункова швидкість вітру, м/с	10
Швидкість вітру стартова, м/с	3,0
Шум за 50 м від ВЕУ на швидкості вітру 8 м/с, дБ	45
Генератор	Синхронний зі збудженням від постійних магнітів
Висота щогли, м	12

Залежність вироблюваної потужності ВЕУ- ENERSUN-3000 від швидкості вітру представлено на рисунку 3.3.

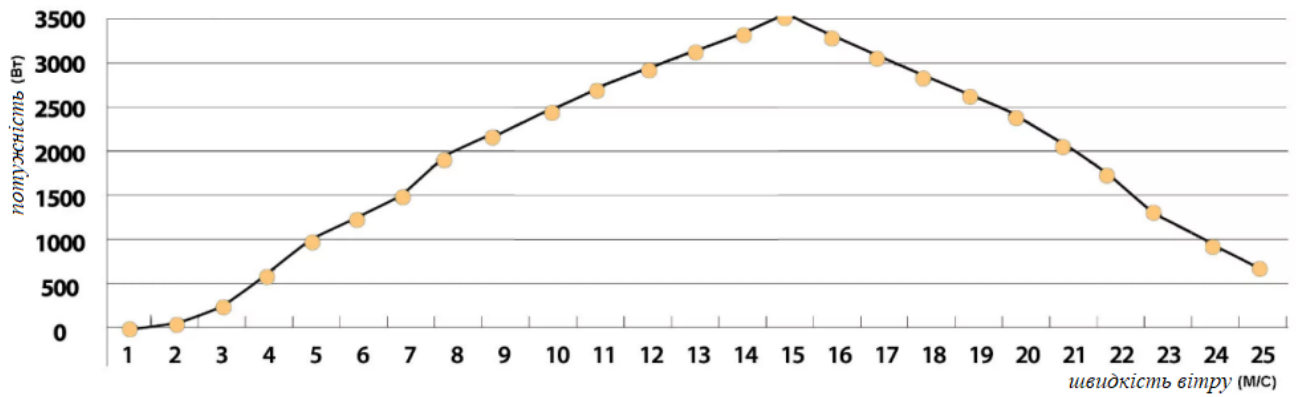


Рисунок 3.3 - Залежність виробленої вітрогенератором потужності від швидкості вітру

3.3.3 Визначення значень необхідної ємності акумуляторних батарей та їхньої кількості

Число ампер-годин на добу, необхідне для живлення навантаження, визначається так само, як і під час розрахунку вітроенергетичної електроустановки. Необхідно визначити ємність акумуляторної батареї з урахуванням кількості днів, протягом яких вона житиме навантаження самостійно - n (тобто n днів поспіль погода буде безвітряною і похмурою). Припустимо, що $n=2$. Тоді максимальне енергоспоживання, яке має задовольнити батарея без підзарядки, становитиме:

$$W_{\max} = W_{\text{Агод}} \cdot n \quad (3.27)$$

$$W_{\max} = 0,139 \cdot 2 = 0,278 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

Необхідна ємність з урахуванням глибини розряду батареї складе:

$$W_{\text{номр}} = \frac{W_{\max}}{K_{\text{роз}} / 100\%} \quad (3.28)$$

$$W_{\text{номр}} = \frac{0,278}{60 / 100} = 0,463 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

З урахуванням залежності ємності батареї від температури приміщення, в якому вона буде розташовуватися, необхідна ємність складе:

$$W_{\text{АКБ}} = W_{\text{номр}} \cdot K_{\text{н.с.}} \quad (3.29)$$

$$W_{\text{АКБ}} = 0,463 \cdot 1,04 = 0,482 \text{ кА} \cdot \text{год}$$

де $K_{н.с.}$ - коефіцієнт, що враховує зменшення ємності батареї в разі зниження температури доквілля (узятий для температури 21°C). Обираємо акумуляторні батареї LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН ємністю $W_{ном} = 0,25 \text{ кА} \cdot \text{год}$ на номінальну напругу 24 В.

Кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей визначається таким чином:

$$n = \frac{W_{АКБ}}{W_{ном}} \quad (3.30)$$

$$n = \frac{0,482}{0,25} = 1,93 \approx 2$$

Крім того, обираємо Гібридний інвертор для роботи від мережі та сонячних систем 3000VA DC24V + ШИМ Контролер 50а, з вхідною напругою постійного струму 24 В, вхідною напругою 230 В, гармонійними спотвореннями менше 4%. В інвертор вбудовано зарядний пристрій, є функція контролю розряду акумулятора.

3.4 Оцінка отриманих результатів

За підсумками розрахунків, виконаних у розділі 2 і 3, робимо висновок, що живлення повного навантаження котеджу від фотоелектричної системи або від вітроенергетичної електроустановки не є рентабельним, тому що термін служби таких електроустановок значно менший, ніж термін їхньої окупності.

Живлення частини навантаження від вітроенергетичної електроустановки також не є рентабельним через високі терміни окупності.

Таким чином, найбільш життєздатними виявилися варіанти живлення частини навантаження від фотоелектричної системи і від гібридної вітросонячної електроустановки. Розрахуємо терміни окупності цих електроустановок.

Розрахунок капіталовкладень у систему електропостачання котеджу з переведенням живлення частини навантаження на гібридну вітросонячну електроустановку зведено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Капіталовкладення в систему електропостачання котеджу з використанням гібридної вітросонячної електроустановки

Найменування компонента системи	Кількість, шт.	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
Акумуляторна батарея LogicPower LPM-MG 24 - 250 АН	2	40800	81600
Сонячний модуль Абі-Solar 250 Вт	1	3800	3800
Гібридний інвертор для роботи від мережі та сонячних систем 3000VA DC24V + ШИМ Контролер 50а	1	44800	44800
BEU- ENERSUN-3000	1	44000	44000
Разом	134600 грн.		

Сума, виплачена споживачем за споживання 3,039 кВт-год на добу протягом року, становитиме 4791,9 грн. Норма амортизації на рік становитиме 479,19 грн/рік.

Тоді термін окупності вкладень в оснащення котеджу вітроенергетичною електроустановкою складе 16 років. Переконаємося в цьому. Витрати на оплату електроенергії за $T_{ок} = 16$ років, починаючи з 2023 року, становитимуть:

$$Z'_{річ} = Z_{річ} + (Z_{річ} + H_{арм}) + (Z_{річ} + 2 \cdot H_{арм}) + \dots + (Z_{річ} + 15 \cdot H_{арм}) \quad (3.31)$$

$$Z'_{річ} = 4791,9 + (4791,9 + 479,19) + (4791,9 + 2 \cdot 479,19) + \dots + (4791,9 + 15 \cdot 479,19) = 134173,2$$

Тобто за 16 років капітальні вкладення в розмірі 134600 грн. окупляться повністю.

3.5 Висновки до розділу

У третьому розділі детально розглянуто варіант підживлення частини навантаження котеджу від електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії. В результаті розрахунків з'ясувалося, що варіант живлення частини навантаження від вітрової електростанції також виявився занадто дорогим.

Таким чином, найбільш життєздатними варіантами виявилися варіанти живлення частини навантаження котеджу від фотоелектричної системи та гібридної вітрової сонячної електростанції.

Наступним етапом роботи є розрахунок термінів окупності вищеназваних електроустановок і вибір найменш витратного варіанта. У підсумку термін окупності гібридної вітросонячної системи - 16 років.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки при монтажі енергоустановок

Роботи в електроустановках, що стосується заходів безпеки, діляться на три категорії [14]: 1) зі зняттям напруги; 2) без зняття напруги на струмовідних частинах і поблизу них; 3) без зняття напруги не на струмовідних частинах, що знаходяться під напругою.

У випадку одночасної роботи в електроустановках напругою до і понад 1000 В категорії робіт визначаються як для установок більше 1000 В.

До робіт, які виконуються зі зняттям напруги, належать роботи, які здійснюються в електроустановці (або її частини), в якій з струмопровідних частин знято напругу і доступ в електроустановки (або їх частини), що знаходяться під напругою, стало неможливим.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші - групу III.

В електроустановках напругою понад 1000 В роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах і поблизу них слід виконувати із застосуванням засобів захисту для ізоляції працівника від струмопровідних частин або від землі. У випадку ізоляції працівника від землі роботи слід виконувати згідно спеціальних інструкцій або технологічними картами, в яких передбачені необхідні заходи безпеки.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу від них необхідно:

- захистити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, які знаходяться під напругою, і до яких можливо випадковий дотик;
- працювати в діелектричній взуття, стоячи або на ізолювальних підставці або на діелектричному килимі;

- застосовувати інструмент з ізолювальними рукавами (у викруток, крім того, повинен бути ізолюваний стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно:

- Тримати ізолювальні частини засобів захисту за рукави до обмежувального кільця;

- Розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю;

- Користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям.

У разі виявлення порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту користування ними забороняється.

У процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих коштів.

Всі працівники, які знаходяться у приміщеннях з чинним електрообладнанням електростанцій і підстанцій (за винятком щитів керування релейних та їм подібних приміщень), в ЗРУ, ВРУ, в колодязях, тунелях і траншеях зобов'язані користуватися захисними касками.

4.2 Допомога при ураженні електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В

Перша медична допомога — це комплекс заходів, спрямованих на відновлення або збереження здоров'я потерпілих, здійснюваних немедичними працівниками (взаємодопомога) або самим потерпілим (самодопомога) [14]. Найважливіше положення надання першої допомоги — її терміновість. Чим швидше вона надана, тим більше сподівань на сприятливий наслідок.

Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм ушкоджуючих факторів, котрі загрожують здоров'ю та життю потерпілих, оцінити стан потерпілого;
- визначити характер та важкість травми, найбільшу загрозу для життя потерпілого і послідовність заходів щодо його рятування;
- виконати необхідні заходи з рятування потерпілих в послідовності терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, здійснити штучне дихання, провести зовнішній масаж серця);
- підтримати основні життєві функції потерпілого до прибуття медичного працівника;
- викликати швидку медичну допомогу або вжити заходів щодо транспортування потерпілого до найближчого лікувального закладу.

Для звільнення потерпілого від струмоведучих частин або провода напругою до 1000 В слід скористатись канатом, палицею, дошкою або; будь-яким сухим предметом, що не проводить електричного струму.

Якщо електричний струм проходить в землю через потерпілого і він судорожно стискає один провід, то простіше перервати струм, відокремивши потерпілого від землі (підсунувши під нього суху дошку, або відтягнувши за ноги від землі вірьовкою, або відтягнувши за одяг), дотримуючись при цьому запобіжних заходів. Можна також перерубати дроти сокирою з сухою ручкою або перекусити їх інструментом з ізольованими ручками. Перерубувати або перекушувати проводи слід пофазово, тобто кожний провід окремо, при цьому рекомендується стояти на сухих дошках, на дерев'яній драбині.

Заходи долікарської допомоги залежать від стану, в якому знаходиться потерпілий після звільнення від електричного струму. Після звільнення потерпілого від дії електричного струму необхідно оцінити його стан. У всіх випадках ураження електричним струмом необхідно обов'язково викликати лікаря незалежно від стану потерпілого.

Якщо потерпілий при свідомості та стійке дихання і є пульсом, але до цього втрачав свідомість, його слід покласти на підстилку з одягу, розстебнути одяг, котрий затруднює дихання, забезпечити приплив свіжого повітря, розтерти і зігріти тіло та забезпечити повний спокій, дати понюхати нашатирний спирт, сполоснути обличчя холодною водою. Якщо потерпілий, котрий знаходиться без

свідомості, прийде до тями, слід дати йому випити 15— 20 краплин настоянки валеріани і гарячого чаю.

Ні в якому разі не можна дозволяти потерпілому рухатися, а тим більше продовжувати роботу, оскільки відсутність важких симптомів після ураження не виключає можливості подальшого погіршення стану. Лише лікар може робити висновок про стан здоров'я потерпілого. Якщо потерпілий дихає рідко і судорожно, але у нього не намацується пульсу необхідно відразу зробити йому штучне дихання.

За відсутності дихання та пульсу у потерпілого внаслідок різкого погіршення кровообігу мозку розширюються зіниці, зростає синюшність шкіри та слизових оболонок. У таких випадках допомога повинна бути спрямована на відновлення життєвих функцій шляхом проведення штучного дихання та зовнішнього (непрямого) масажу серця.

Потерпілого слід переносити в інше місце лише в тих випадках, коли йому та особі, що надає допомогу, продовжує загрозувати небезпека або коли надання допомоги на місці не можливе. Для того, щоб не втрачати час, не слід роздягати потерпілого. Не обов'язково, щоб при проведенні штучного дихання потерпілий знаходився в горизонтальному положенні. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, необхідно перед спуском на землю зробити штучне дихання безпосередньо в люльці, на щоглі і на опорі.

Опустивши потерпілого на землю, необхідно відразу розпочати проведення штучного дихання та масажу серця і робити це до появи самостійного дихання і відновлення діяльності серця або передачі потерпілого медичному персоналу.

4.3 Сигнально-попереджувальні пристрої і фарбування обладнання

Для попередження про небезпеку застосовують звукові, світлові і кольорові сигнали. Сигнальні пристрої встановлюються в зонах видимості і слухового відчуття обслуговуючого персоналу. Сигнали небезпеки повинні чітко сприйматися у виробничій обстановці [14].

Нормативами визначаються сигнальні і розпізнавальні кольори. Основними сигнальними кольорами є червоний - забороняючий, засвідчуючий про безпосередню небезпеку, жовтий - зосереджуючий увагу і попереджуючий про можливу небезпеку і зелений - означаючий безпеку.

Розпізнавальними кольорами вважають зелений, червоний, синій, жовтий, оранжевий, фіолетовий, коричневий, сірий.

Розпізнавальні кольори наносять на технологічне підйом-но-транспортне обладнання, трубопроводи, елементи будівельних конструкцій та інші споруди. Сигнально-попереджувальним фарбуванням (жовтими і чорними смугами) відмічаються елементи будівельних конструкцій і міжцехового транспорту. Так, жовто-чорною смугою позначаються низькі балки, виступи і перепади у площині підлоги, краю люків і колодязів, кабіни і перила кранів, вантажні гаки, бічні поверхні електрокарів, навантажувачів, візків, стріл автокранів.

Огородження небезпечних зон із зовнішнього боку фарбують в жовтий колір, із внутрішнього - в червоний.

Габарити проїздів, проходи і робочі місця на підлозі виробничих приміщень позначаються смугою чи штриховими лініями білого чи жовтого кольору.

Розпізнавальне фарбування однойменних струмоведучих шин у кожній електроустановці приймається однаковим.

При змінному струмі фаза А фарбується в жовтий колір, фаза В - зелений, фаза С - червоний, нульова (при ізольованій чи заземленій нейтралі) - в чорний; при однофазному струмі провідник, під'єднаний до початку обмотки джерела живлення, - в жовтий, до кінця обмотки - в червоний; при постійному струмі позитивна фаза "+" - в червоний, негативна "-" - в синій, нейтральна - в білий.

Стандартами передбачена система знаків безпеки, які повинні використовуватися не тільки в промисловості, але й в інших галузях народного господарства, а також передбачені знаки, які є загальними для багатьох виробництв і професій, але у разі необхідності вони можуть бути конкретизовані із використанням графічних зображень і надписів, що застосовуються в інших стандартах.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено систему електропостачання індивідуального котеджу, спроектована на використанні в якості основного джерела живлення частини навантаження електроустановки, що працює на альтернативних джерелах енергії. Електрична мережа для цієї частини навантаження розглядається як резервне джерело живлення.

В ході роботи був проведений аналіз альтернативних джерел енергії. Були розглянуті наступні джерела: енергія вітру, геотермальна енергія, сонячна енергія, енергія біомаси. В результаті вітрова і сонячна енергія були обрані для подальшого розгляду як найбільш перспективні для використання.

Далі були розраховані параметри електроустановок, що працюють на сонячній та вітровій енергії: фотоелектричної системи, вітрової електростанції та гібридної вітрової сонячної електростанції.

Занадто дорогим виявився варіант живлення всього навантаження котеджу від фотоелектричної системи, як і варіант живлення всього навантаження від вітрової електростанції

Далі був розглянутий варіант підживлення частини навантаження котеджу від електроустановок, що працюють на альтернативних джерелах енергії. В результаті розрахунків з'ясувалося, що варіант живлення частини навантаження від вітрової електростанції також виявився занадто дорогим.

Таким чином, найбільш життєздатними варіантами виявилися варіанти живлення частини навантаження котеджу від фотоелектричної системи та гібридної вітрової сонячної електростанції.

Наступним етапом роботи є розрахунок термінів окупності вищеназваних електроустановок і вибір найменш витратного варіанта. У підсумку термін окупності гібридної вітросонячної системи - 16 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fantozzi F., Le Bail L., Leccese F., Rocca M., Salvadori G. General Lighting in Offices Building: Techno-Economic Considerations on the Fluorescent Tubes Replacement with LED Tubes. // International Journal of Engineering and Technology Innovation. 2017. № 3, pp. 143-156..
2. Karlen M., Spangler C., Benya J. R. Lighting Design Basics. Wiley, 2017. 272 p.
3. McGowan J. G., McGowan J. G., Manwell J. F., Rogers A. L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. West Sussex : John Wiley & Sons Inc., 2002. 539 p.
4. Munteanu I., Bratcu A. I., Cutululis N.-A., Ceanga E. Optimal Control of Wind Energy Systems: Towards a Global Approach. Springer-Verlag, 2008. p. 283.
5. Le Roux A.D., Mouton Hd.T., Akagi H. Digital control of an integrated series active filter and diode rectifier with voltage regulation // IEEE Transactions on industry applications. 2013. vol.39. №6. P.1814-1820.
6. Андрійчук В.А. Дослідження світлодіодних джерел світла у випадку імдіодного живлення / Андрійчук В.А., Наконечний М.С., Осадца Я.М., Філюк Я.О. // Технічна електродинаміка, 2021. – №1. – Стор. 68-72. <https://doi.org/10.15407/techned2021.01.068>.
7. Siegfried H. Grid Integration of Wind Energy Conversion Systems. Wiley, 2006. 446 p
8. Kinetics of narrow-spectrum LED glow under pulsed power / Volodymir Andriichuk, Myroslav Nakonechnyi, Yaroslav Filiuk // Semiconductor physics, quantum electronics and optoelectronics, 2023. — Vol 26, P. 230-235. DOI: <https://doi.org/10.15407/spqeo26.02.230>.
9. Jamshidi, M.; and Askarzadeh, A. Techno-economic analysis and size optimization of an off-grid hybrid photovoltaic, fuel cell and diesel generator system. Sustainable Cities and Society, 2019.

10. Hegger M. From passive utilization to smart solar architecture. In: Schittich C, editor. Solar Architecture: Strategies, Vision, Concepts Basel, Boston, Berlin: Birkhäuser - Publishers for Architecture; 2003. pp. 12-25
11. Rezaie B, Esmailzadeh E, Dincer I. Renewable energy options for buildings: Case studies. Energy and Buildings. 2010;43:56-65
12. NASA Surface Meteorology and Solar Energy. Електроний ресурс: www.instesre.com/Solar/grid.cgi.htm/.
13. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський) / укл. : О. Я. Гурик , І. Б. Окіджний. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
14. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник/ В.Ц.Жидецький, В.С Джигирей, О.В.Мельников. – Вид. 5-те, доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.