



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)

« 06 » травня 2022 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Красножону Максиму Павловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення надійної системи електропостачання автомийки на основі фотоелектричних модулів

Керівник роботи Оліярник Петро Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «06» травня 2022 року № 4/7-368

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Існуюча схема електропостачання мийки самообслуговування, параметри споживачів електричної енергії, технічні характеристики сонячної електростанції,

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

1. Аналітичний розділ

2. Розрахунковий розділ

3. Проектно-конструкторський розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. Схема з'єднання елементів сонячної електростанції,

2. Схема підключення автономного інвертора

3. Схема підключення гібридного інвертора

4. Компоновка КТП

5. Силова схема підключення усередині представленого КТП

6. Схема живлення від альтернативного джерела паралельно з централізованою мережею

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 06 травня 2022 року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

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

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Красножон М. П.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Оліярник П. М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Красножон Максим Павлович. Забезпечення надійної системи електропостачання автомийки на основі фотоелектричних модулів

Стор.– 54; рис. - 32; табл. - 5; креслень - 6; джерел - 19; додатків - \_.

Головною метою цієї роботи є підвищення енергоефективності електропостачання для об'єктів малого бізнесу, на прикладі мийки самообслуговування на 6 постів, за рахунок використання альтернативних джерел живлення, представлених автономною сонячною електростанцією.

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи був проведений аналіз сучасних джерел альтернативної енергії, сонячна енергетика була вибрана для застосування на представленій мийці самообслуговування, зроблений аналіз розвитку цього виду енергетики і її обладнання, була проаналізована система електропостачання автомийки самообслуговування, включаючи характеристику самого об'єкту, його освітлення, а також опису його схеми живлення від централізованої мережі. Так само було здійснено розробку системи електропостачання на основі сонячної енергії, в яку входив розрахунок навантажень і підбір обладнання сонячної електростанції, а також проектування плану спільної роботи альтернативного джерела живлення з централізованою мережею. Була зроблена оцінка енергоефективності від застосування альтернативних джерел живлення.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА, КОМУТАЦІЯ.

**ЗМІСТ**

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Аналіз альтернативних джерел енергії	8
1.2 Обладнання системи електропостачання від сонячної енергії	10
1.2.1 Фотоелектричні модулі	10
1.2.2 Контролери заряду	13
1.2.3 Акумуляторні батареї	15
1.2.4 Інвертори	18
1.3 Висновки до розділу 1	20
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Характеристика автомийки самообслуговування	21
2.2 Електричне освітлення об'єкту	22
2.3 Висновки до розділу 2	27
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	28
3.1 Розрахунок навантажень і вибір обладнання	28
3.2 Підбір сонячних панелей	30
3.3 Підбір АКБ і інверторів електричної енергії	33
3.4 Проектування спільної роботи, централізованої і альтернативної систем електропостачання	37
3.5 Оцінка ефективності застосування альтернативної системи електропостачання	39
3.6 Висновки до розділу 3	41
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	42
4.1 Електробезпека	42
4.2 Пожежна безпека	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53

## ВСТУП

У наш час все більшу зацікавленість в економії електроенергії починає проявляти малий бізнес. Це звичайно ж є найбільш логічним ходом для того, щоб добитися економії, завдяки чому буде можливе підвищення загального доходу виробництва. Так, наприклад, більшість великих підприємств роблять заміну електрообладнання на енергоефективніше для зменшення загальних витрат, що веде до збільшення певного прибутку усього виробництва [1].

Якщо ж повернутися до малого бізнесу, який у наш час веде найбільш активну діяльність, то тут так само можливі різні варіанти підвищення енергоефективності.

Серед різних варіантів, найбільш перспективним вважається застосування альтернативних джерел енергії, таких як різні вітро- або ж сонячні електростанції, які можуть робити перетворення природних ресурсів, таких як вітер, або ж сонячна енергія, відповідно, в електрику.

Сонячна енергетика - важлива складової альтернативної (поновлюваною) енергетики. Її використання дозволяє вирішувати проблеми забезпечення людства дешевою і екологічно чистою енергією. Розвиток геліоенергетики залежить від природногеографічних і соціально-економічних чинників. Зважаючи на високу технологічність і вартість виробництва сонячних модулів велика частина СЕС побудована і діє в країнах з високим рівнем соціально-економічного розвитку. Розширенню географії галузі останніми роками сприяло зниження цін на фотоелектричні перетворювачі на світовому ринку [2].

Важливим чинником в реалізації успішних проектів із створення мережевих сонячних електростанцій в малому бізнесі та приватному секторі – є підтримка з боку держави. У цьому питанні можна виділити наступні основні напрями [3]:

- створення сприятливих умов для закупівлі сучасних сонячних станцій за рахунок зниження ввізних мит на відповідне обладнання і державних програм розвитку альтернативної енергетики;

- усунення бюрократичних перешкод при підключенні сонячних електростанцій до «зеленого тарифу»;

- рівняння в устоях фізичних осіб - власників сонячних електростанцій - з юридичними особами. Зокрема, шляхом збільшення максимально дозволеної потужності для приватного домоволодіння і однакових виплат за вироблену електроенергію;

- підвищення рівня довіри інвесторів до інвестицій в сонячну енергетику.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності електропостачання для об'єктів малого бізнесу на прикладі мийки самообслуговування на 6 постів.

Для досягнення поставленої в роботі мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Зробити аналіз обладнання, потрібного для застосування альтернативного джерела енергії.
2. Розробити систему електропостачання на основі вибраного джерела альтернативної енергії.
3. Розрахувати і проаналізувати ефективність запропонованих заходів.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Аналіз альтернативних джерел енергії

Розглядаючи загальну ситуацію в країні, видніється тенденція зниження загальних запасів корисних копалини, що логічно веде до зростання тарифів на електричні і теплові види енергії. Як вже говорилося раніше, багато підприємців зараз все частіше починають замислюватися про можливість зниження витрат різними способами. До таких можливостей можна віднести застосування різних джерел альтернативної енергетики [4].

Сама по собі альтернативна енергетика припускає собою застосування різних поновлюваних видів енергії, будь то енергія сонячного світла, енергія вітру, біопаливо і так далі [4].

На жаль, на даний момент в нашій країні такий вид енергетики не так розвинений, як, наприклад, на заході, але за останні роки ми починаємо активно доганяти сусідні країни як у виробництві джерел альтернативної енергії, так і в їх застосуванні. Усе це призводить до входження цієї енергетики в маси.

Зараз в нашій країні все більше застосування знаходять різні альтернативні джерела живлення, але найшвидше до масового ринку увійшли різні вітрогенератори, а також сонячні електростанції, чому посприяв початок виробництва більшої частини необхідного устаткування в Україні, тобто сталося заміщення імпорتنих частин на наші, що благополучно позначилося на загальній вартості електричних станцій, працюючих на альтернативній енергії.

З розвитком технологій виробництва, ці джерела живлення все більше і більше здешевлюються, за рахунок чого, наприклад, сонячна електростанція з середнім виробленням електричної енергії 2-5 кВт, ціна якої в 2005 році могла досягати 10 тис. доларів США, зараз же коштує до 5 тис. доларів США, судячи з даних з сайтів виробників, при цьому в її комплекті застосовуватимуться вже досконаліші фотоелектричні модулі гетероструктур, ККД яких більше на 23,5% більше [5].



Така ж тенденція відбувається і на ринку вітрогенераторних електростанцій (рис 1.1.).



Рисунок 1.1 – Вітряна електростанція (ВЕС Крим)

Якщо ж продовжити розглядати джерела альтернативного живлення, то можна відмітити геотермальну енергетику, а також можливість застосування біопалива.

Геотермальна енергетика швидше за все стане третім найбільш перспективним видом альтернативної енергетики так, як вона зараз теж активно розвивається, лише трохи відстаючи від сонячної і вітроенергетики.

Розглядаючи її з боку не промислового застосування, цей вид енергії припускає застосування теплового насоса, що знаходиться на території енергоспоживача, завдяки якому з'являється можливість отримання тепла від поверхні землі. Ці насоси мають різні потужності, що виробляються, а також розділяються на різні типи, такі як «грунт-повітря», «грунт-вода» і так далі

Зображення геотермальної станції можна побачити на рис 1.2.



Рисунок 1.2 – Геотермальна електростанція Несьявеллір в Ісландії.

Ще все частіше починає застосовуватися так зване біопаливо в різних його проявах. Воно теж має як свої плюси в застосуванні, так і мінуси. Але у наш час доки малий відсоток підприємств його використовує у виді не дуже великого ККД, частіше усього його можна спостерігати в застосуванні в різних приватних приміщеннях як житлових, так і побутових.

## **1.2 Обладнання системи електропостачання від сонячної енергії**

Сонячні електростанції є збірною системою різних ведених елементів, що управляють, то можна відмітити ті основні частини, які є присутніми у будь-якій сонячній станції, незалежно від її конструктиву. Найчастіше у складі устаткування сонячної електростанції можна побачити:

- Фотоелектричні модулі
- Інвертори
- Опорні конструкції
- Уся необхідна проводка і конектори.

Так само, залежно від того є сонячна станція автономною або мережевою, в комплект так само можуть входити АКБ для запасання електричної енергії.

### **1.2.1 Фотоелектричні модулі**

Починаючи розглядати загальний принцип дії сонячних батарей, можна стверджувати, що він складається з перетворення енергії сонячного світла в постійний електричний струм.

Отже, можна розпочати ознайомлення з цього устаткування з головної його частини на якій ґрунтується робота усієї сонячної станції, їй являються сонячні елементи, або ж сонячні панелі.

У наш час найбільший розвиток мають кремнієві гетероструктурні, монокристалічні, полікристалічні, а також тонкоплівкові модулі.

Гетероструктурні модулі на даний момент є найбільш прогресивними і перспективними серед усіх інших видів [6]. Ця технологія об'єднує в собі

досвід створення і застосування монокристалічних панелей, з їх високим ККД і малою мірою деградації, і тонкоплівкових (аморфних), перевагами яких є невідчутне зниження продуктивності при нагріві, а також досить висока ефективність при уловлюванні розсіяного і відбитого видів світла. Приклад комірки модуля гетероструктури Хевел показаний на рис 1.3.

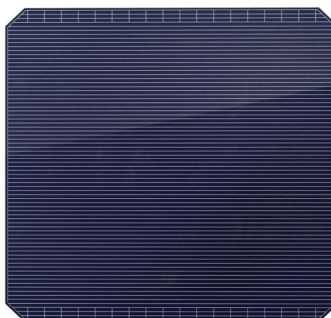


Рисунок 1.3 – Комірка гетероструктурного модуля.

Продовжуючи розглядати види фотоелектричних модулів, то можна звернути увагу на поширеніші монокристалічні панелі, про достоїнства яких вже говорилося вище.

Технологія їх виробництва полягає у використанні кремнію у край високої очищеної, отриманого в промислових умовах. Однією з умов по якому можна розпізнати монокристалічну модель являється її однорідність кольору, якої навмисно домагаються на виготовляючих підприємствах. За рахунок усіх цих чинників, ці модулі мають відмінні параметри ККД (14-17%) і великі терміни служби, не у багато разів поступаючись елементам гетероструктур.

До мінусів же можна віднести досить високу вартість, яка складається з отримуваних переваг і складності виробництва цих фотоелектричних модулів, а також сильну чутливість до забруднень самих елементів. Приклад монокристалічного осередку можна побачити нижче на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 – Монокристалічна комірка

Далі, продовжуючи розглядати фотоелектричні модулі за популярністю, слід звернути увагу на полікристалічні панелі, що виготовляються з розплавленого кремнію, який за технологією повільно охолоджується до потрібного стану і після цього йому надається необхідної форми.

До плюсів сонячних панелей на основі полікристалічних модулів можна віднести зниження витрат порівняно з монокристалічними модулями, оскільки тут найменший відсоток кількості незастосовних відходів.

Починаючи розглядати мінуси цих сонячних панелей детальніше, можна відмітити те, що ці модулі сприйнятливі до тривалих дій високої температури, через що знижується їх термін служби, а також мають менший ККД (10-12%), ніж у монокристалічних панелей. На рис. 1.5 представлений полікристалічна комірка.

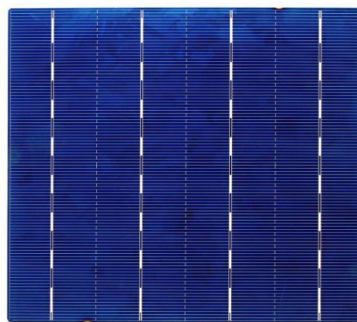


Рисунок 1.5 – Полікристалічна комірка

Останнім і найбільш поширеним видом сонячних батарей на основі кремнію у наш час вважаються тонкоплівкові або ж аморфні фотоелектричні модулі.

Технологія їх виготовлення закладена безпосередньо в їх назві і припускає собою нанесення кремнію на певну основу тонкою плівкою, яка надалі покривається спеціальним захисним шаром.

У наш час цей вид панелей є найбільш широко відомим і вживаним у багатьох галузях (від портативних зарядних пристроїв до підживлення електричною енергією різних будівель).

Визначальним усе це плюсами стали два головні чинники - найменша ціна виробництва серед усіх сонячних панелей і можливість виготовлення на гнучкій основі, що дозволяє виготовити і застосувати модуль практично на будь-якій поверхні і площі. Також до їх плюсів варто віднести украй низький температурний коефіцієнт, завдяки якому потужність модулів на цій технології при нагріві падає украй трохи і досить велику чутливість, а, отже, і можливість отримувати найбільшу кількість електричної енергії з цих модулів за будь-яких погодних умов.

Серед мінусів можна вказати нижчий ККД, ніж у інших представлених вище фотоелементів, але в даний момент йде значна модифікація і зміна поколінь цих модулів, завдяки чому коефіцієнт корисної дії сонячних панелей, заснованих на тонкоплівкових осередках, зміг зрости з 8% до конкурентоздатних >12%.

На рис. 1.6 представлено зображення тонкоплівкової комірки.

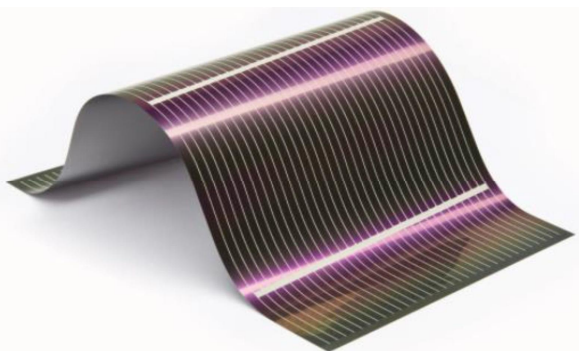


Рисунок 1.6 – Тонкоплівкова комірка

### 1.2.2 Контроллери заряду

Продовжуючи розглядати будову сонячної електростанції, представленої на рис. 1.7 слід зазначити те, що після сонячних панелей як правило слідує

підключення контролера заряду, який потрібно для управління живленням, що подається, знімається з сонячних панелей, на акумуляторні батареї.



Рисунок 1.7 – Наочна схема з'єднання компонентів сонячної станції/

Якщо ж розглянути варіант, при якому живлення з сонячної панелі безпосередньо подаватиметься на акумулятор, то кінець кінцем цей АКБ буде виведений з ладу в дуже малі терміни з причини того, що напруга, що отримується з сонячної панелі значно більше 14 Вольт, які є номінальними для його зарядки.

При факті того, що АКБ був розряджений, звичайно ж буде зроблена його зарядка, але надалі почнеться процес його перезаряду з подальшим процесом скипання дистиллятора.

Саме щоб це запобігти, в схему включається контролер заряду акумулятора, який не дає як поступати зайвому струму і напрузі, понад потрібне, так і не дає споживати їх із заряджених акумуляторів, завдяки чому усе це призводить до збільшення терміну служби акумуляторних батарей.

Як такі, контролери заряду у наш час прийнято ділити на два типи:

1 Контролери заряду на основі ШІМ;

Ці контролери працюють, ґрунтуючись на широко-імпульсній модуляції. Так само існує декілька їх варіацій, які прийнято означати як шунтові і послідовні.

Шунтові ШІМ контролери можливо застосовувати тільки з сонячними панелями, оскільки ці панелі замикаються накоротко, завдяки чому увесь струм

з них тече через шунт і не може потрапити на АКБ. У цього типу контролерів досить багато плюсів у використанні, наприклад, низький рівень ЕМ перешкод, малі втрати потужності і так далі. До їх мінусів можливо віднести лише досить сильний нагрів під час регулювання.

Послідовні ШИМ контролери побудовані на тому, що джерело енергії відключається від акумуляторів, завдяки чому напруга на нім піднімається вище за значення напруги ХХ.

## 2 Контроллери заряду МРРТ;

Ця назва дослівно розшифровується як Maximum Power Point Tracking, що в перекладі означає стеження за точкою максимальної потужності. Причому, як і перші, ці контролери так само ґрунтуються на застосуванні ШИМ

Прийнято вважати, що контролери заряду на основі МРРТ дорожчі, але ефективніше за усі види ШИМ контролерів.

### 1.2.3 Акумуляторні батареї

Наступним пунктом в колі живлення сонячної електростанції є акумуляторні батареї, потрібні для запасання отриманої електроенергії і забезпечення безперебійного живлення споживачів незалежно від погодних умов, часу доби і так далі

Зараз найактивніше застосовуються три види акумуляторів, кожен з яких мають як свої плюси, так і недоліки.

Першим і найбільш поширеним видом АКБ є **свинцово-кислотні**. Почати їх розгляд слід з найвідомішого представника - стартерних (автомобільних) АКБ (рис. 1.8)

Цей підвид свинцево-кислотних АКБ є самим активно використовуваним зважаючи на свою украй низьку вартість порівняно з усіма іншими акумуляторами. Але у них є присутньою величезна кількість негативних моментів, таких як: високий відсоток саморазряда, вимога обслуговування і приміщення в якому відбуватиметься циркуляція повітря, а також гірше за

будь-кого інших АКБ переносять глибокий розряд, що істотно і украй негативно позначається на терміні їх служби.



Рисунок 1.8 – Стартерна акумуляторна батарея

Далі слідують свинцево-кислотні акумулятори типу **AGM**.

Як такі, цей підвид АКБ призначений для застосування в джерелах безперебійного живлення, де потрібно довготривалу роботу, а цей вид акумуляторів здатний працювати впродовж 12-15 років, але не потрібна підтримка постійного навантаження. На рис 1.9 можна побачити наочне зображення AGM акумулятора.



Рисунок 1.9 – AGM акумулятор

Наступними йдуть гелієві АКБ, які так само відносяться до герметизованих свинцево-кислотних акумуляторних батарей. Вони здатні витримувати ще довші циклічні режими заряду-розряду як AGM, але також здатні переносити сильні перепади температур, що поза сумнівом відноситься до їх плюсів порівняно з іншими варіантами акумуляторів.

Також гелієві АКБ у наш час почали активно розвиватися, що вилилося в появу ще одного їх підвида- гелієвих з трубчастими електродами (OpzV) (рис. 1.10), які розроблялися спеціально для довгого відбору великих потужностей, завдяки чому вони здатні працювати в режимі сильних навантажень упродовж 20 годин.





Рисунок 1.10 – Гелієві АКБ з трубчастими електродами

І останніми вживаними і найпрогресивнішими серед усіх свинцево-кислотних АКБ є заливні із намазними пластинами (**OPzS**) (рис. 1.11), які спочатку розроблялися для застосування в сонячній енергетиці. До їх достоїнств відносяться: можливість обслуговування, переносимість величезного числа циклів «заряду-розряду» до 60% від номінальної місткості. Проте у них є і досить значимі мінуси, до яких відноситься їх ціна, а також вимоги до приміщення, в якому будуть розміщені.



Рисунок 1.11 – Заливні гелієві акумуляторні батареї з намазними пластинами

Трохи рідше зараз в сонячній енергетиці прийнято застосовувати **літій-іонні акумуляторні батареї (LiFePo4)** (рис. 1.12). Основним їх недоліком є вартість, але в іншому вони мають лише переваги, до яких можна віднести: можливість віддачі до 80% заряду без втрати в місткості, так само вони не втрачають цю саму місткість при просте або ж неповній зарядці, витримують безліч циклів «зарядки-розрядки» (близько трьох тисяч) і мають термін служби в районі 20 років, що є одним з кращих показників серед інших видів АКБ.



Рисунок 1.12 – LiFePo4 акумулятор

#### 1.2.4 Інвертори

Крайньою, але не менш важливою частиною живлячої схеми сонячних електростанцій, прийнято вважати інвертори. Їх основною метою є перетворення постійної напруги, що отримується з акумуляторних батарей, в змінне 220 В з яким працюють більшість приймачів.

По суті можна використати отриману енергію з сонячних панелей і без інвертора, але тоді вона буде обмежена 12 вольтами постійної напруги, що отримується з виводів контролера заряду, чого в 90% випадків недостатньо.

Самі інвертори можна розділити на декілька типів, описаних нижче:

- Автономні, тобто інвертори працюючі окремо від зовнішньої електричної мережі і здатні підтримувати і перетворювати електричну енергію в АКБ в їх нормальних межах;
- Мережеві інвертори, тобто інвертори працюючі паралельно з мережею, до якої підключені споживачі. Їх основною метою, окрім відстежування і нормалізації стану роботи АКБ, являється ще і контроль якості отримуваної електричної енергії для того, щоб віддавати її назад в мережу за так званим «зеленим тарифом», який в нашій країні, на жаль, не діє;
- Гібридні інвертори. На даний момент найбільш прогресивні, оскільки поєднують в собі варіанти роботи як мережевих, так і автономних інверторів. Займають найменшу площу, можуть працювати без контролера заряду, оскільки мають вбудований, а також мають безліч різних налаштувань, які потрібно індивідуально для кожного з можливих споживачів.

У наш час все частіше в інвертори вбудовують контролер заряду, що дозволяє заощадити на його придбанні.

На рис. 1.13 представлена наочна схема підключення для автономного інвертора в систему сонячної електростанції.

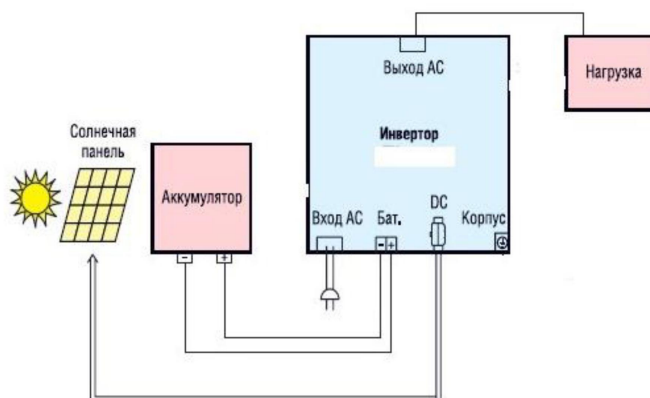


Рисунок 1.13 – Схема підключення автономного інвертора в мережу

Як можна спостерігати, автономні інвертори прийнято встановлювати між навантаженням і акумуляторними батареями. Так само у цього типу інверторів можливий вхід для змінної напруги 220 В, щоб робити заряджання АКБ при неможливості застосовувати електрику з сонячних панелей.

Далі слід розглянути схему підключення для мережевих інверторів, представлену на рис. 1.14.

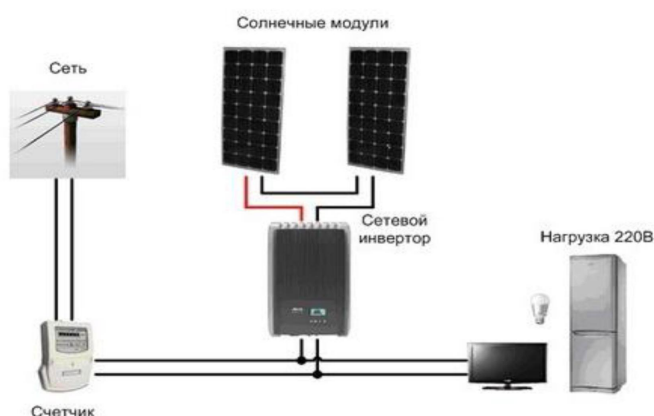


Рисунок 1.14 – Наочна схема підключення мережевого інвертора

Відразу ж можна звернути увагу на те, що на цій схемі відсутні акумуляторні батареї. Це безпосередньо пов'язано з типом інвертора, оскільки тут сонячні панелі безпосередньо за допомогою інвертора приєднуються до

мережі споживача, завдяки чому відбувається їх так зване підживлення. Якщо ж кількість електричної енергії, що виробляється, перевищує запити споживача, тоді через спеціальний лічильник, який може працювати за «зеленим тарифом», електроенергія йде в загальну мережу. Повторюючи сказане вище, в нашій країні доки «зелений тариф» ще не діє, а вивантаження власної електричної енергії в загальну мережу може привести до певних адміністративних санкцій.

І останній вид схеми підключення сонячної станції із застосуванням гібридного інвертора представлений на рис. 1.15.



Рисунок 1.15 – Схема підключення гібридного інвертора в мережу

Як і говорилося вище, гібридні інвертори поєднують в собі принципи роботи як мережевих, так і автономних інверторів, а, отже, як можна бачити на малюнку 15, він припускає установку із застосуванням і акумуляторних батарей, і зовнішньою мережею, і навантаженням.

### 1.3 Висновки до розділу 1

У першому розділі були розглянуті більшість видів сучасної альтернативної енергетики, а також складові сонячної електростанції, завдяки якій робитиметься альтернативне живлення для вибраної мийки самообслуговування.

## 2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Характеристика автомийки самообслуговування

Закінчивши розгляд конструктивних особливостей сонячних станцій, слід продовжити цей проект представленням об'єкту малого бізнесу, який, окрім централізованої мережі буде підключений до джерела альтернативної енергії у формі автономної сонячної станції.

Цим об'єктом буде типова автомийка самообслуговування на 6 постів (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Типова автомийка самообслуговування на 6 постів.

Цей об'єкт був вибраний не випадково, оскільки, по-перше, він діє цілодобово, без вихідних і цілорічно, що є прекрасною можливістю для демонстрації можливостей сучасних автономних сонячних станцій.

По-друге, цей вид малого бізнесу має в розпорядженні достатню площу, яка дозволяє безпроблемно підібрати і встановити необхідну кількість сонячних панелей, що є безперечним плюсом.

Як таке автомийка самообслуговування представляє з себе вид малого бізнесу, який ґрунтується на установці модульної конструкції боксів з необхідним устаткуванням на підготовлену земельну ділянку.

Кількість боксів безпосередньо залежить від очікуваної прохідності споживачів і розміру земельної ділянки, зазвичай їх кількість варіюється від 2

до 6 постів, а їх розмір повинен складати 40 м<sup>2</sup> на один пост. Так, наприклад, миття на 6 постів займатиме близько 600 м<sup>2</sup>, якщо враховувати площі під'їздів до неї, а також стоянку очікування для клієнтів.

Основна мета цього об'єкту позначена в його назві, вона полягає в тому, що клієнти приїжджають на особистому транспорті і самі займаються його очищенням, використовуючи послуги за поданням устаткування і витратного матеріалу за певну нормовану плату, яке дає можливість зробити миття під тиском як проточною водою, так і водою з додаванням різних хімічних домішок, що дозволяють поліпшити ефект очищення.

## **2.2 Електричне освітлення об'єкту**

При проектуванні мийки самообслуговування одним з найбільш важливих пунктів її електрифікації є грамотне проектування освітлення, яке потрібно для проведення мийних робіт клієнтами у будь-який час доби.

Розгляд електричного освітлення слід розпочати з вимог ДБН В.2.5-28:2018 [7] у які входять такі пункти як: клас захисту не нижчий першого, наявність металевого вибухобезпечного корпусу на лампах, які потрібно для захисту від струму і руйнування механічних частин, а також рівень пило- та вологозахисту не нижче IP 65. Також в цьому документі приведені мінімальні норми освітленості для усіх видів миття. Вони складають 150 лк - мінімальний показник, 300 лк - хороший показник для зони миття, 500-750 лк - найкращі показники для застосування в зоні поліровки авто. Також в цьому документі є присутнім позначення того, що світловий потік має бути на рівні 4400 люменів.

У результаті, на представленому митті самообслуговування в якості освітлювальних приладів для освітлення постів можна спостерігати 12 світильників ЛСП44- 58-001 Flagman БАП IP65 потужністю 58 Вт кожен. Його наочне зображення представлено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Світильник ЛСП44- 58-001 Flagman БАП IP65

Далі слідує світильники зовнішнього освітлення, що вимагаються для освітлення об'єкту в темний час доби. Вони тут представлені 12 світлодіодними прожекторами ORIENT SAL - 140WH потужність 15 Вт кожен. Дані прожектори мають малі габарити, пыле- і вологозахист IP65, а також працюють від напруги 220 В. Його зовнішній вигляд можна побачити на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Прожектор зовнішнього освітлення ORIENT SAL - 140WH

Останніми освітлювальними приладами, які розглядаються в цьому розділі будуть люмінесцентні лампи, які використовуються для освітлення зовнішніх рекламних банерів. Тут застосовані 15 ламп Camelion FT8 - 15W/33 4200K 5874 (рис. 2.4), що видають 15 Вт кожна. Цих ламп повністю вистачає для забезпечення освітленням усіх рекламних банерів на цьому об'єкті.



Рисунок 2.4 – Лампи для освітлення рекламних банерів Camelion FT8 - 15W/33  
4200K 5874

Ця мийка самообслуговування через підключення до фідера отримує електроживлення від силового трансформатора ТМГ-630/10/0.4, який знаходиться усередині КТП. Компонування КТП можна побачити на рис. 2.5.

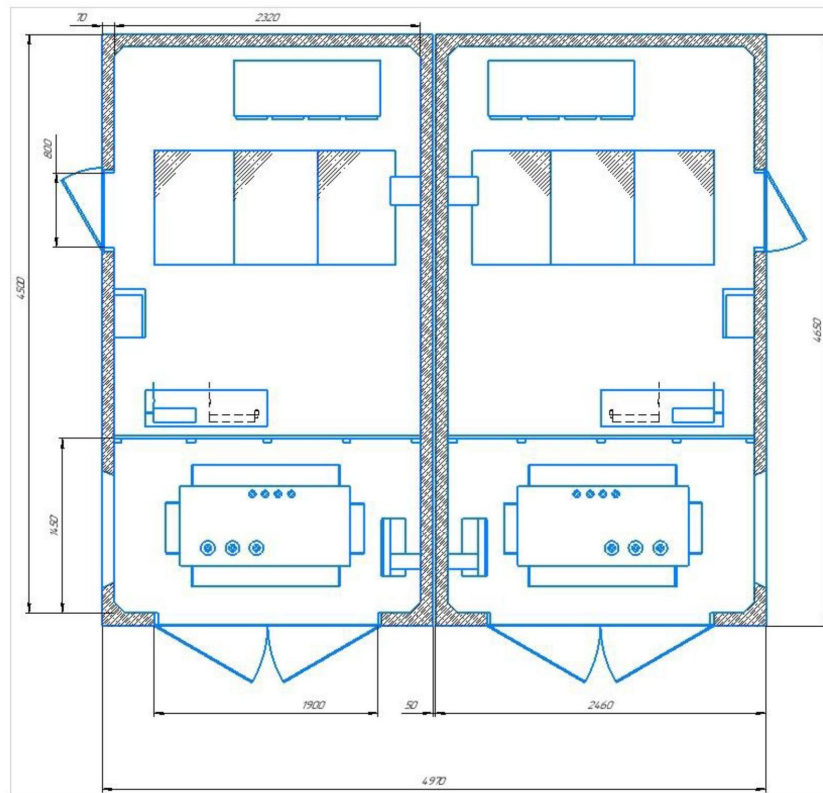


Рисунок 2.5 – Компонування КТП

Силовий трансформатор (рис. 2.6) є трифазним, масляним з природною циркуляцією повітря і оливи, герметичним, має первинну напругу рівну 10 кВ і 0,4 кВ на виході вторинної обмотки.



Рисунок 2.6 – Силовий трансформатор ТМГ- 630/10/0.4



Таблиця 2.1 – Технічні характеристики трансформатора ТМГ 630/10/0.4

Потужність, кВА	630
Номінальна напруга, кВ	$BH : 6 (6,3) 10 (10,5); HH : 0,4$
Схема і група з'єднання обмоток	$Y/Y_n - 0$ (зірка-зірка), $\Delta/Y_n - 11$ (трикутник зірка)
Втрати, Вт	$XX : 1050; K3 : 7600$
Напруга КЗ, %	5,5
Розміри, мм	1505x1010x1275
Маса, кг	Повна:1650; Масла:320

Живлення цієї КТП поступає від трансформаторної підстанції за допомогою кабелю *АПВВнг* – 10 перерізом  $3 \times 95 / 25 \text{ мм}^2$ .

Далі слідує ввідний силовий вимикач *ISERE* – 1200, що має номінальний робочий струм  $1200 \text{ А}$ , за допомогою якого робиться комутування представленого трансформатора. Захистом цього силового трансформатора від міжфазних коротких замикань забезпечується за допомогою МСЗ і відсічки типу *VIP* – 30 сполучених з елегазовим вимикачем.

Комутація резервного силового трансформатора *ТМГ* – 630/10/0.4 робиться абсолютно таким же силовим вимикачем *ISERE* – 1200, що має номінальний робочий струм рівний  $1200 \text{ А}$ . За його захист відповідають МСЗ і відсічення типу *VIP* – 30 підключена до елегазового вимикача.

Далі за допомогою кабелів *ПВ* – 2  $3 \times 2 \times (1 \times 240 \text{ мм}^2)$  підключається 2х секційний РП з двома силовими шинами, на кожен з яких є присутньою можливість підключення до 10 споживачів через запобіжники-роз'єднувачі. Між собою вони з'єднуються за допомогою кабелів *ПВ* – 2  $3 \times (1 \times 240 \text{ мм}^2)$ , а шини заземлення за допомогою *ПВ* – 2  $1 \times 240 \text{ мм}^2$ .

Живлення цих шин з силового трансформатора проходить через *ВНОЕТЛ* – 1250 А, який дозволяє робити відключення шини схильним до короткого замикання. Також в цьому РП є присутнім трифазний

вимірювальний трансформатор струму, потрібний для підключення різних вимірювальних приладів, таких як лічильники електричної енергії.

На рис. 2.7 представлена схема підключення цієї КТП.

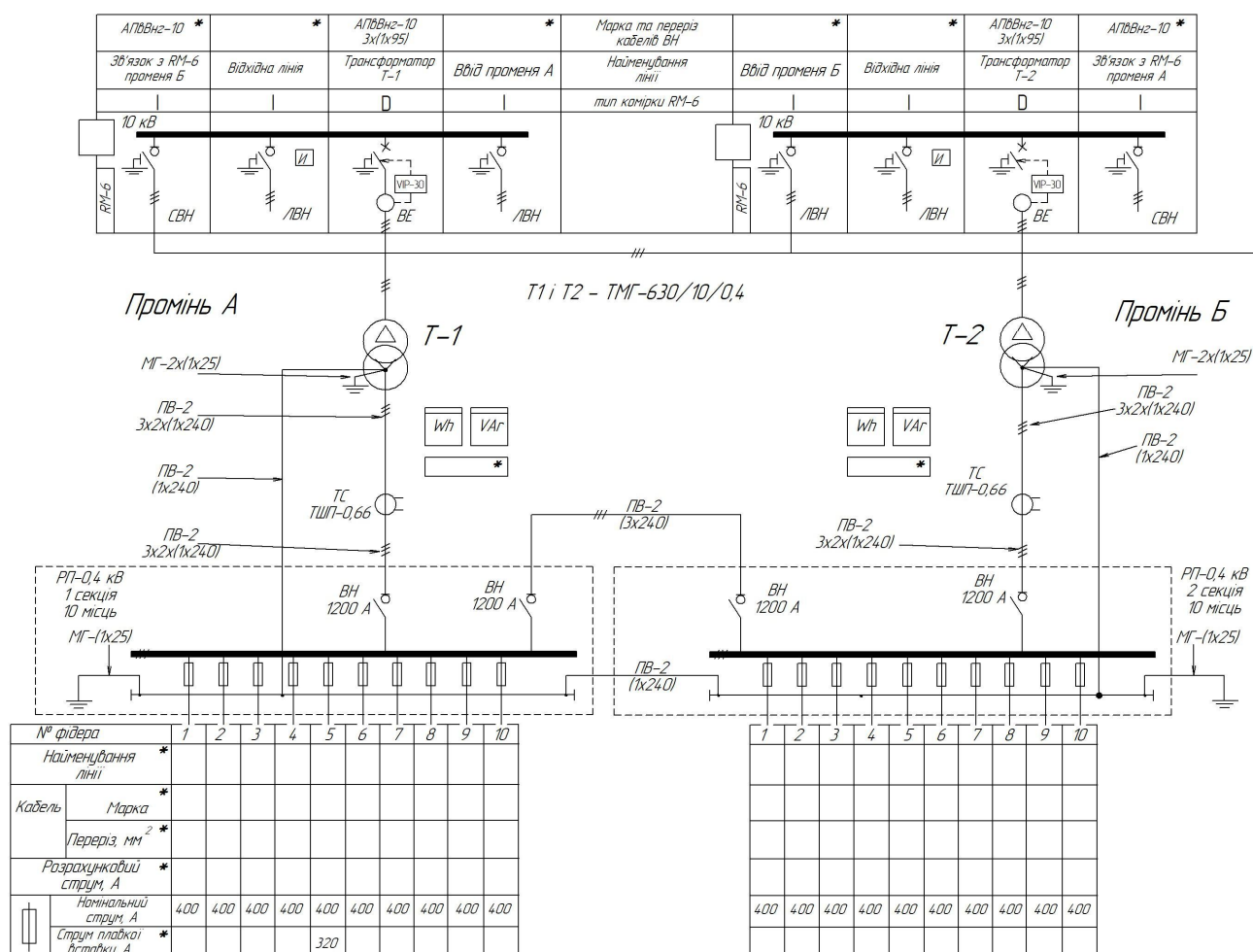


Рисунок 2.8 – Силова схема підключення усередині КТП

Досліджувана мийка самообслуговування підключається до першої секції представленого РП за допомогою п'ятого фідера, від якого приходять 0,4 кВ по 2 трижильним кабелям АВВГ з перерізом жили 240 мм<sup>2</sup>, один з яких недіючий і вимагається для забезпечення резервного живлення. Обидва кабелі розташовані в спеціальній траншеї під землею.

Вони спрямовані на силовий ящик з рубильником ЯБПВУ – 400 – У3, з номінальним струмом 400 А, призначеним для експлуатації в районах з помірним кліматом і категорією розміщення 3, тобто в закритих приміщеннях з природною вентиляцією, кабелем АПРТО з перерізом жили 3х150 мм<sup>2</sup> після

чого кабелі приходять на першу панель ВРП з двома рубильниками *ПД – 2*, з номінальним струмом  $400\text{ А}$ , де відбувається перемикання між робочим і резервним вводами. Між цими вводами зроблено підключення лічильника електричної енергії через трансформатор струму.

### **2.3 Висновки до розділу 2**

У цьому розділі було розглянуто мийку самообслуговування, її освітлення, а також зроблений опис централізованої мережі, від якої вона отримує живлення, включаючи опис КТП, її схеми і компонування, марок використовуваних кабелів, технічних даних силового трансформатора.

### 3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Подальшою метою цієї роботи є доповнення системи електричного живлення альтернативним джерелом енергії. В даному випадку буде зроблений підбір автономної сонячної станції, яка дозволить забезпечити миття самообслуговування в нічний час запасеною в акумуляторах електричною енергією, що допоможе створити умови для зменшення споживання електрики із загальної мережі і добитися певної економії.

#### 3.1 Розрахунок навантажень і вибір обладнання

Цей розрахунок слід розпочати із складання переліку споживачів, які живитимуться від альтернативного джерела енергії в нічний час (з 22 годин до 9 годин ранку), щоб зуміти визначити потужнісні характеристики сонячної станції, які знадобляться для забезпечення їх потреб. Цей перелік представлений в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік споживачів і їх споживаних потужностей.

Споживач	Споживана потужність, Ват	К-сть	Споживана енергія по годинах, кВтч											S <sub>спож</sub> в даному проміжку часу, кВт·год	
			22	23	00	1	2	3	4	5	6	7	8		9
Постійне освітлення в темний час доби	15	12	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	-
Змінне освітлення постів	58	12	0.7	0.7	0.35	0.23	0.12	0.12	0.23	0.35	0.35	0.23	0.35	0.7	-
Освітлення рекламних банерів	15	15	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	-
Пульти управління програмами миття	180	6	1.08	1.08	0.54	0.42	0.18	0.18	0.42	0.54	0.54	0.42	0.54	1.08	-
Всього	-		2.19	2.19	1.3	1.06	0.71	0.71	1.06	1.3	1.3	1.06	1.3	2.19	16.37

Також для наочної оцінки загального споживання приладами в заданому проміжку часу з 22 до 9 годин ранку слід привести графік споживання, який представлений на рис. 3.1. З нього видно, що загальна споживана потужність в цьому інтервалі часу дорівнює 16,37 кВт·год.

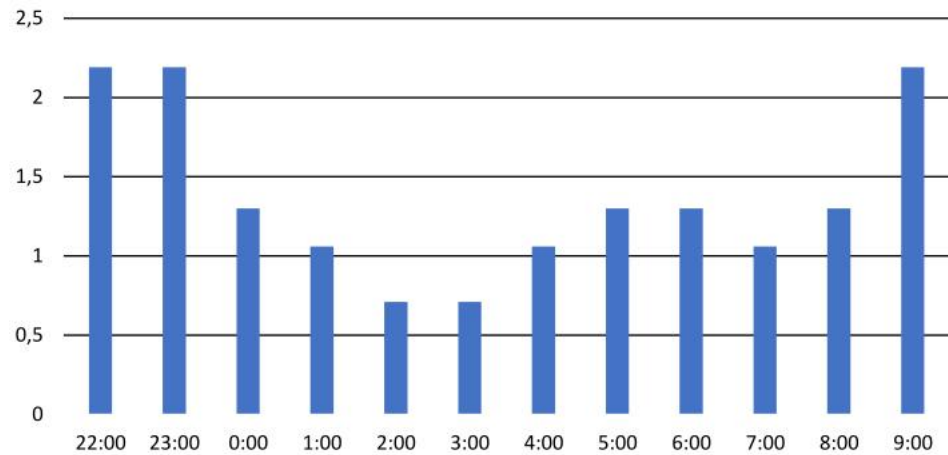


Рисунок 3.1 – Енергоспоживання електрообладнання з 22:00 до 9:00

Ці дані слід підкріпити розрахунком сумарної споживаної потужності (3.1), дані для якого беремо з таблиці 3.1:

$$W_{\Sigma} = W_{22} + W_{23} + W_{00} + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 + W_9; \quad (3.1)$$

де  $W_{\Sigma}$  – сумарна споживана потужність, кВт·год;

$W_{22} \dots W_9$  – споживана потужність в певну годину, кВт·год.

$$\begin{aligned} W_{\Sigma} &= 2,19 + 2,19 + 1,3 + 1,06 + 0,71 + 0,71 + 1,06 + 1,3 + 1,3 + 1,06 + 1,3 + 2,19 = \\ &= 16,37 \text{ кВт}\cdot\text{год.} \end{aligned}$$

Далі вимагається розрахувати середню споживану потужність в заданому тимчасовому проміжку (3.2) :

$$P_{\text{сер}} = \frac{W_{\Sigma}}{T_{\text{роб}}}; \quad (3.2)$$

де  $P_{\text{сер}}$  – середня споживана потужність, кВт;

$W_{\Sigma}$  – сумарна споживана потужність, кВт·год;

$T_{\text{роб}}$  – загальний час роботи, год.

$$P_{\text{сер}} = \frac{16,37}{12} = 1,36 \text{ кВт.}$$

### 3.2 Підбір сонячних панелей

Вибір фотоелементів для сонячної станції слід розпочати із завдання орієнтації цих модулів по сторонах світу. Тут слід врахувати, що найбільш оптимальною орієнтацією є напрям модулів на південь заради досягнення максимального вироблення електричної енергії. Саме тому в цьому проекті сонячні панелі матимуть орієнтацію на ПІВДЕНЬ.

Наступним кроком є завдання кута нахилу панелей. В даному випадку, по заявах провідних виробників, оптимальним кутом для отримання найбільшого ККД в Україні являється кут  $20^\circ$ , але оскільки цей проект має на увазі, як найбільш економічний і вимагаючий мінімум витрат при експлуатації, то слід врахувати, що ця сонячна станція використовуватиметься цілорічно. З цього слідує що оптимальним кутом нахилу буде так званий «зимовий» кут рівний  $69^\circ$ .

Наочно його можна побачити на малюнку 3.2.

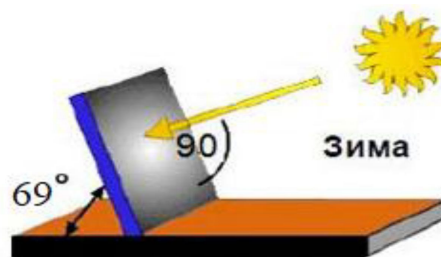


Рисунок 3.2 – Зимовий кут нахилу сонячної панелі для території України.

Цей кут називається «зимовим» завдяки тому, що він забезпечує найкращий скат снігу в зимовий час з сонячних панелей, завдяки чим їм не потрібно додаткове очищення за допомогою службового персоналу.

Після того, як була задана орієнтація і кут установки сонячних панелей, вимагається упізнати середнє щоденне вироблення електричної потужності, щоб завдяки ній зробити підбір панелей з найбільш оптимальними параметрами.

У наш час існує безліч метеорологічних сервісів, які займаються відстежуванням кількості сонячного випромінювання, що потрапляє на земну

поверхню,. Skorистavшись одним з таких сервісів [8], була з'ясована сонячна інсоляція на даній території. Отримані дані можна спостерігати на графіці зображеному на рис. 3.3.

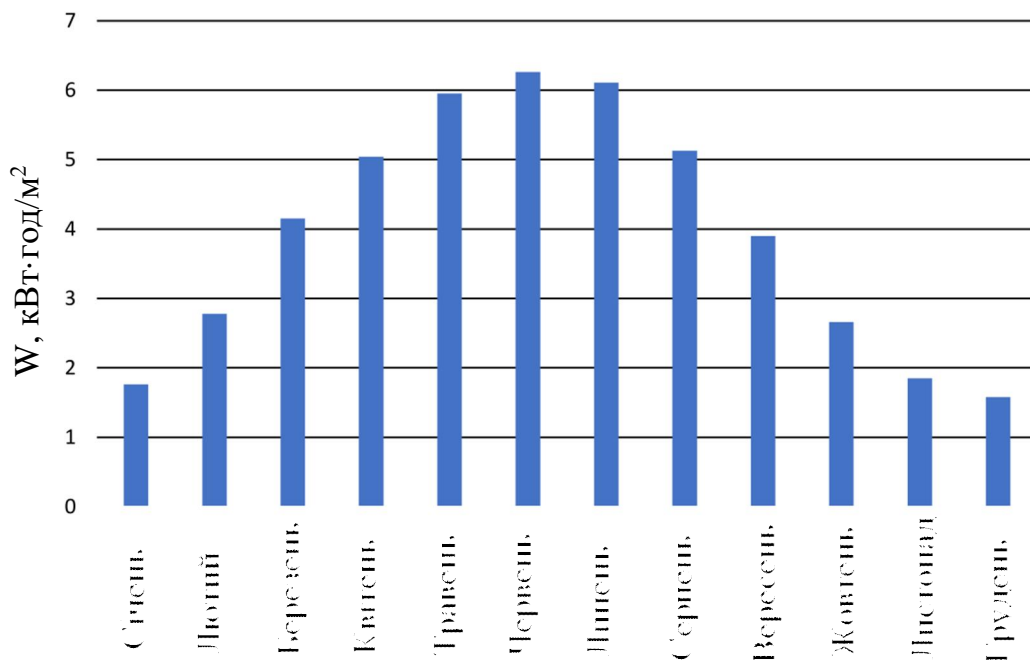


Рисунок 3.3 – Графік сонячної енергії, яка щодня поступає, на квадратний метр на даній території по місяцях.

Отже, за допомогою цього графіку був проаналізований потенціал застосування сонячної енергії на даній території, можна зробити висновки, що в різний час року на поверхню землі падатиме від 1,76 до 6,26 кВт сонячної енергії.

Отже, щоб з достатком перекрити потреби живлення цього об'єкту в проміжку з 22:00 до 9:00 можна застосувати полікристалічні сонячні панелі JA Solar LW-340M PERC Half-Cell [9] у кількості 48 штук. На рис. 3.4 представлений графік вироблення енергії електростанцією на таких сонячних фотоелементах в представленій кількості.

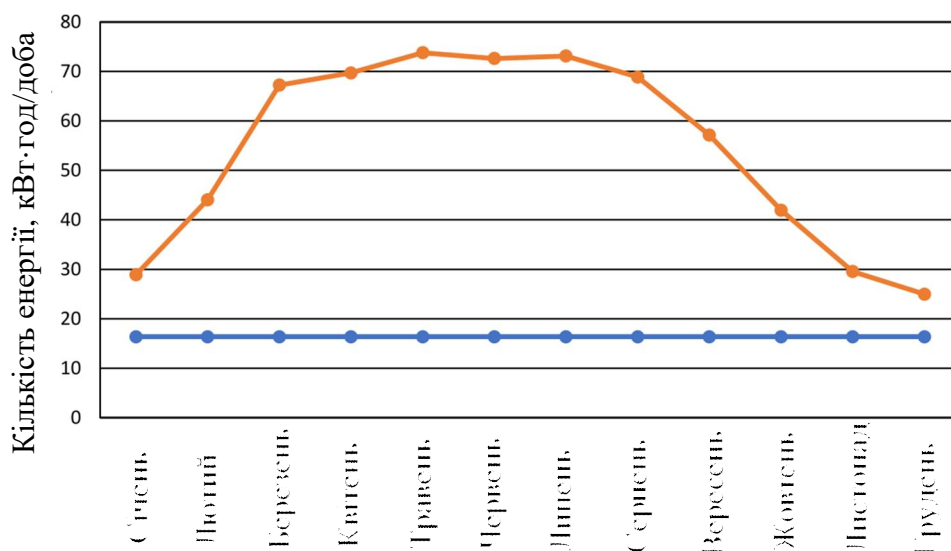


Рисунок 3.4 – Вироблення електричної енергії сонячної станції на основі JA Solar LW-340M PERC Half-Cell порівняно із споживаним навантаженням

На рис 3.5 і в таблиці 3.2 можна побачити зовнішній вигляд вибраних сонячних елементів, а також їх технічні характеристики.

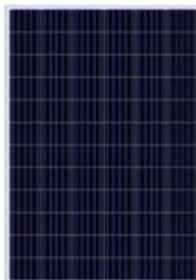


Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд сонячних панелей JA Solar LW-340M PERC Half-Cell

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики сонячних панелей

Номінальна напруга В:	24
Гарантійний термін:	12 років
Потужність модуля:	340 Вт,
Габарити модуля:	1689x996x35
Тип модуля:	Монокристалічний
Вага, кг:	18.7
ККД фотомодуля, %:	20.2
Максимальна напруга у системі, В:	1000
Ступінь захисту фотомодуля:	IP68
Напруга холостого ходу, В:	41.36
Струм при макс. потужності, А:	9.82
Напруга при макс. потужності, В:	34.63



### 3.3 Підбір АКБ і інверторів електричної енергії

Подальшою частиною підбору елементів сонячної станції є вибір акумуляторних батарей і інверторів електричної енергії. Номінальною напругою батарей, які використовуються у складі сонячних станцій, вважається 12 вольт. Для продовження терміну служби роботи акумуляторів глибину їх розряду слід прийняти рівній 30 %. Отже, тепер можна зробити розрахунок їх ємності (3.3) :

$$E_{необх} = \frac{W_{\Sigma}}{U_{АКБ} \cdot k}; \quad (3.3)$$

де  $E_{необх}$  – необхідна ємність акумуляторів, А·год;

$W_{\Sigma}$  – сумарна споживана електроенергія, кВт·год;

$U_{АКБ}$  – напруга АКБ, В;

$k$  – коефіцієнт глибини розряду.

$$E_{необх} = \frac{16370}{12 \cdot 0,7} = 1949 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Оскільки тепер відома необхідна ємність, а також у відкритому доступі знаходяться технічні характеристики будь-кому можливих АКБ, то тепер можна визначити їх необхідну кількість з формули (3.4):

$$N = \frac{E_{необх}}{E_{комірки}};$$

де  $N$  – кількість АКБ

$E_{комірки}$  – ємність однієї комірки, А·год.

$$N = \frac{1949}{200} = 9,745.$$

Спираючись на представлений розрахунок вибираються акумулятори SunStonePower ML12-200 [10] у кількості 10 штук і загальною місткістю рівною  $E=2000$  А·год,  $U = 12$  Вольт. Ці акумуляторні батареї слід підключити паралельно.

На рис. 3.6 представлений зовнішній вигляд даних АКБ, а в таблиці 3.3 його технічних характеристики.



Рисунок 3.6 – Вигляд акумуляторної батареї SunStonePower ML12-200

Таблиця 3.3 – Характеристики АКБ SunStonePower ML12 - 200

Технічні характеристики	<i>SunStonePower ML12 – 200</i>
Модель	<i>SunStone Power ML 12V 200Ah AGM</i>
Напруга	<i>12 В</i>
Місткість	<i>200 А·год</i>
Фактична місткість при 10-ти годинному циклі розряду	<i>211 А·год</i>
Клеми	<i>M8</i>
Циклічний режим	<i>14.2 – 14.4В</i>
Буферний режим	<i>13.5 – 13.8В</i>
Максимальна напруга заряду	<i>14,8В</i>
Мінімальна напруга заряду	<i>10,6 В</i>
Максимальний струм заряду	<i>60 А</i>
Максимальний струм розряду	<i>2000 А ( 5 сик )</i>
Струм короткого замикання	<i>3300 А</i>
Внутрішній опір	<i>3 мОм</i>
Габарити, мм	<i>522x240x218</i>
Вес	<i>60 кг</i>

Наступним етапом вибору обладнання є підбір інверторів електричної енергії, які забезпечують перетворення отриманих 12 В постійної напруги від акумуляторних батарей в 220 В змінного, які будуть спрямовані до кінцевого споживача.

Він повинен відповідати усім необхідним параметрам, а також забезпечувати необхідну вихідну потужність, частоту і мати можливість

перекладу роботи об'єкту від мережевого живлення на живлення акумуляторних батарей в заданий проміжок часу.

Оскільки сумарна потужність, споживана в проміжку з 22:00 до 9:00, дорівнює 16,37 кВт·год, то слід врахувати, що на даний момент ще не один інвертор не має можливості переробляти потрібної кількості електричної енергії. Спираючись на усі ці аспекти були підібрані гібридні сонячні інвертори SILA 5000M Plus (PF 1.0) [11] у кількості 4 штук. Нижче на рис 3.7 представлений зовнішній вигляд цього інвертора, а в таблиці 3.4 його технічних характеристик.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вид гібридного інвертора SILA 5000M Plus.

Таблиця 3.4 – Характеристики гібридного інвертора SILA 5000M Plus

Технічні характеристики	<i>SILA 5000M Plus (PF 1.0)</i>
Модель	<i>SILA 5000M Plus (PF 1.0)</i>
Тип пристрою	Безтрансформаторний
Потужність	<i>5000VA / 5000W</i>
Пікова потужність	<i>10000VA / 10000W ( &lt; 5 сек. )</i>
Вхідна напруга від АКБ	<i>48 V</i>
Комунікаційний порт	<i>USB</i>
Функція видаленого ( через інтернет )	Є
Функція моніторингу і сповіщення	Є
Можливість паралельного підключення	Є
Форма вихідного сигналу	Чистий синус
Вбудований контролер заряду	<i>MPPT</i>
Вихідна напруга	<i>230V + -5%</i>
Частота	<i>50Гц</i>

продовження таблиці 3.4

ККД	93%
Захист від перевантаження	110 – 150% – 10з ; >150% – 5 с
Номінальна вхідна напруга DC	48 В
Власне споживання	1А / 50 Вт
Струм заряду	10 – 60А ( Задається програмно )
Максимальна напруга акумуляторів	58,4
Напруга акумуляторів у буферному режимі	54
Максимальна потужність сонячних батарей	4000Вт
Струм заряду	10 – 80А ( задається програмно )
Номінальна напруга акумуляторів	48 В
Нижній і верхній пороги напруги	задаються програмно
Максимальна напруга сонячних	145 В
Діапазон робочої напруги сонячних батарей	60 – 115 В
Максимальна сила струму	140 А
Сила струму ( за умовчанням )	50 А
Форма вхідного сигналу	Чистий синус (мережа або генератор )
Номінальна вхідна напруга	230В ± 5%
Допустиме значення вхідної напруги	90 ~ 280VAC (Звичайний режим) 170 ~ 280VAC (UPS режим)
Температура зберігання, °С	від – 15 до + 60
Робоча температура, °С	від 0 до + 55
Вологість	5 ~ 95%
Габарити, мм	468×295×120
Вага нетто, кг	13,5

Кінцевим підсумком цих розрахунків можна відмітити, що для цього об'єкту буде значно простіше застосувати вже готовий набір сонячної електростанції на 20 кВт компанії Solar Garden.

Ця рекомендація ґрунтується на тому, що в цьому наборі також застосовуються 48 сонячних панелей SilaSolar 340Вт PERC (5ВВ), 4 гібридних сонячних інвертора SILA 5000M Plus (PF 1.0), але замість 10 розрахункових акумуляторних батарей SunStonePower ML12 - 200 (1949 А·год x 12В) будуть застосовані 28 АКБ SunStonePower ML12 - 200 загальною ємністю 67,2 кВт·год

(А·год, 48В), а також усі необхідні кабелі, модулі управління, облаштування захисту і так далі

Укупі усе це забезпечує повне покриття усіх потреб по електричній енергії в заданому проміжку часу, а також дає можливість для зміни списку підключених споживачів, оскільки цей комплект має можливість забезпечувати об'єкт  $\leq 20$  кВт електричної енергії, що при діючих 16,37 є запасом рівним 3,63 кВт або 22,18 %.

### 3.4 Проектування спільної роботи, централізованої і альтернативної систем електропостачання

Закінчивши з етапом підбору необхідного устаткування і зупинившись на варіанті застосування готового комплексу сонячної електростанції на 20 кВт компанії Solar Garden, наступним етапом буде проектування спільної роботи централізованої міської мережі і мережі альтернативного джерела живлення.

На рисунку 3.8 представлено наочне зображення як відбуватиметься забезпечення живлення об'єкту в такому форматі.



Рисунок 3.8 – Наочне зображення живлення споживача із застосуванням альтернативного джерела живлення і централізованої мережі

Ключовим чинником вибору цього комплексу альтернативної електростанції стала не лише генерація електричної енергії в потрібних об'ємах, але і застосування в її складі гібридних інверторів, які на даний момент є найдосконалішими, оскільки вони побудовані на мікропроцесорній схемотехніці, що забезпечує можливість їх програмування.

Саме завдяки цьому з'являється можливість паралельної роботи централізованої мережі і джерел альтернативного живлення. У використовуваних інверторах є можливість виставлення таймера перемикачів з одного джерела енергії, в даному випадку централізованої мережі, на альтернативний.

Тобто при монтажі цієї сонячної станції під час налаштування інверторів має бути виставлений час перемикачів, яке надалі також можливо змінюватиме самостійно, для того, щоб зробити точніше підстроювання залежно від кліматичних умов і сезонності.

Також повертаючись до можливостей програмування цих інверторів, слід вказати що вони мають можливість дозаряджати АКБ від централізованої мережі, якщо сонячні панелі з цим не справлятимуться зважаючи на погану погоду або якісь інші чинники.

На рисунку 3.9 представлена схема живлення об'єкту від альтернативного джерела живлення спільно з централізованою мережею.

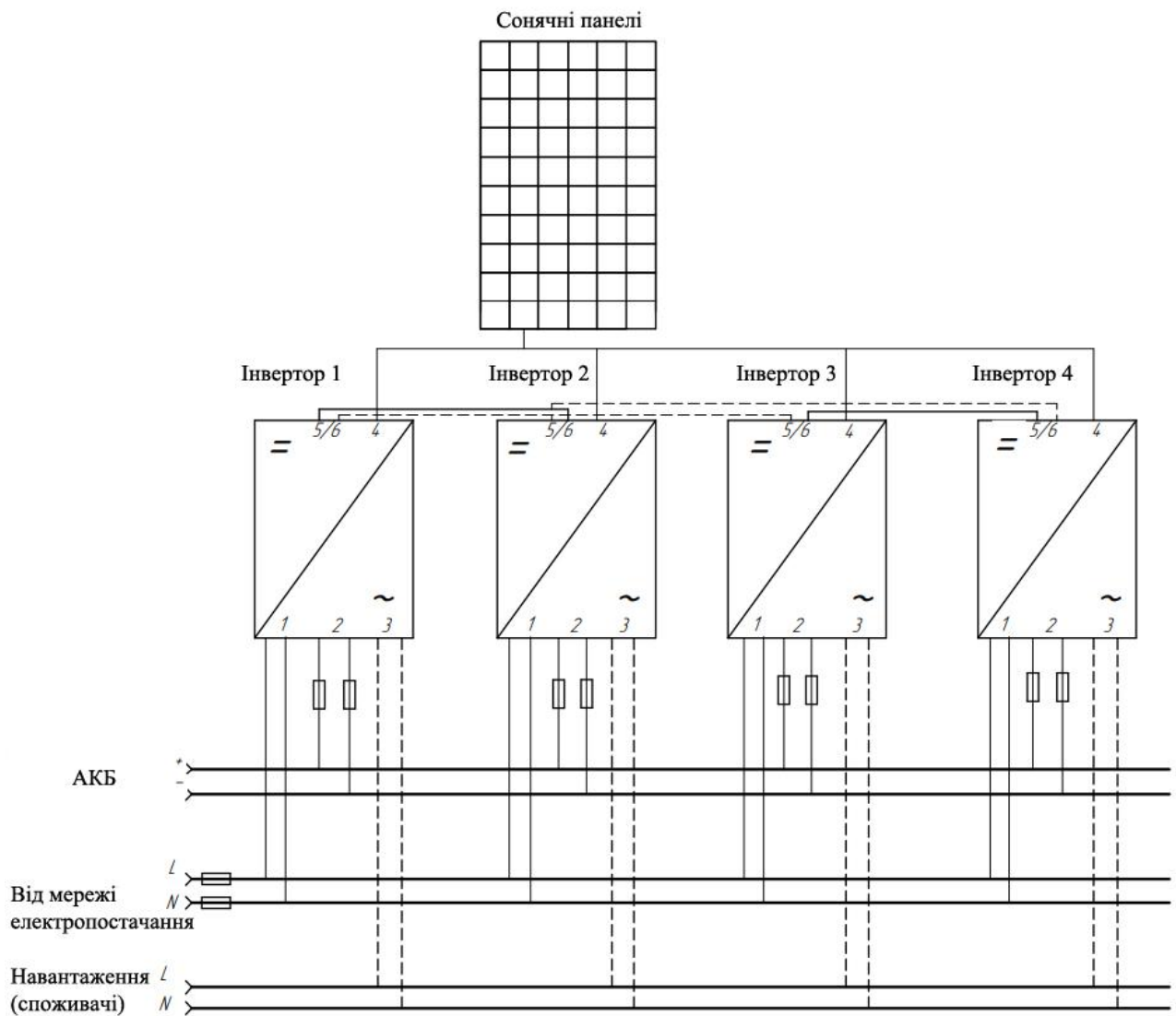


Рисунок 3.9 – Схема живлення об'єкту від альтернативного джерела енергії паралельно з централізованою мережею

### 3.5 Оцінка ефективності застосування альтернативної системи електропостачання

Зробивши розробку системи паралельної роботи, централізованої і альтернативної систем електропостачання слід оцінити різницю споживаної кількості електричної енергії із застосуванням альтернативного джерела і без нього.

Оскільки в цьому проекті живлення від автономної сонячної станції робиться тільки в нічний час доби (з 22:00 до 9:00) і в таблиці 3.1 зроблений

розрахунок середньої кількості повної споживаної електричної енергії рівної  $S_{\text{спож}} = 16,37$  кВт·год, отже, при подальших розрахунках, використовуватимемо саме ці дані для розрахунку місячної економії, оскільки саме це споживання електричної енергії в даний момент компенсується за допомогою альтернативного джерела енергії.

Отже, слід розпочати з розрахунку фактичної економії, спираючись на наявні вище дані. Розрахуємо місячну економію електричної енергії згідно формули (3.5) представленою нижче:

$$\Delta P = S_{\text{спож}} \cdot T_{\text{роб}}; \quad (3.5)$$

де  $\Delta P$  – загальна заощаджена електроенергія в місяць, кВт·год;

$S_{\text{спож}}$  – споживана електроенергія, кВт·год;

$T_{\text{роб}}$  – кількість робочих днів в місяць.

$$\Delta P = 16,37 \cdot 31 = 507,47 \text{ кВт·год};$$

Далі слід визначити річну економію, виходячи з отриманих у формулі (3.5) даних. Річна економія визначається по формулі (3.6) :

$$\Delta P_{\text{річ.}} = \Delta P \cdot 12; \quad (3.6)$$

де  $\Delta P_{\text{річ.}}$  – загальна заощаджена електроенергія в рік, кВт·год.

$$\Delta P_{\text{річ.}} = 507,47 \cdot 12 = 6089,64 \text{ кВт·год.}$$

Отже, річна економія на цій мийці самообслуговування складатиме 6089,64 кВт·год, якщо ж застосовувати живлення від альтернативного джерела тільки в нічний час.

Оцінивши фактичну економію споживаної електричної енергії для цієї мийки самообслуговування, є сенс зробити розрахунок, який зможе показати економію, пов'язану із заявленою виробником планованим виробленням електроенергії вибраним комплектом сонячної електростанції на 20 кВт компанії Solar Garden. Цей розрахунок буде зроблений згідно формули (3.7):

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{річ.}} = & (\Delta P_1 \cdot 31) + (\Delta P_2 \cdot 28) + (\Delta P_3 \cdot 31) + (\Delta P_4 \cdot 30) + (\Delta P_5 \cdot 31) + (\Delta P_6 \cdot 30) + \\ & + (\Delta P_7 \cdot 31) + (\Delta P_8 \cdot 31) + (\Delta P_9 \cdot 30) + (\Delta P_{10} \cdot 31) + (\Delta P_{11} \cdot 30) + (\Delta P_{12} \cdot 31) \end{aligned} \quad (3.7)$$



де  $(\Delta P_1 \cdot 31) \dots (\Delta P_{12} \cdot 31)$  – планована заощаджена електроенергія за рахунок використання альтернативного джерела енергії по місяцях, кВт·год.

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{річ.}} = & (28,89 \cdot 31) + (44,06 \cdot 28) + (67,24 \cdot 31) + (69,69 \cdot 30) + (73,77 \cdot 31) + \\ & + (72,62 \cdot 30) + (73,11_7 \cdot 31) + (68,87 \cdot 31) + (57,12 \cdot 30) + (41,94 \cdot 31) + \\ & + (29,54 \cdot 30) + (24,97 \cdot 31) = 19904,71 \text{ кВт}\cdot\text{год.} \end{aligned}$$

Отже, застосовуючи цю сонячну електростанцію компанії Solar Garden не лише в нічний, але також і денний час, з'являється можливість заощадити 19904,71 кВт·год в рік, а це при сьогоднішній ціні 5 грн/ кВт·год можна заощадити близько 100 тис. грн в рік. Тоді комплект сонячної електростанції, при ціні близько 300 тис. грн., окупиться за три роки.

### 3.6 Висновки до розділу 3

У цьому розділі була розроблена система електропостачання об'єкту на основі альтернативного джерела живлення, представленого автономною сонячною станцією, було розраховано електроспоживання миття самообслуговування в період з 22:00 до 9:00, зроблені розрахунки, потрібні для підбору сонячних панелей, АКБ і інверторів, що зрештою привело до вибору сонячної станції.

Застосовуючи автономну сонячну електростанцію на 20 кВт компанії Solar Garden для живлення цього об'єкту тільки в нічний час (з 22:00 до 9:00), в рік можливо заощадити 6089,64 кВт·год електричної енергії. Якщо ж застосовувати представлену автономну сонячну електростанцію в денний час не лише для зарядки АКБ, але і для потреб самого миття самообслуговування, то економія зросте до 19904,71 кВт·год в рік, а сама установка окупиться за три роки.

## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Електробезпека

#### Оперативне обслуговування і огляди електроустановок.

Оперативні перемикання повинен виконувати оперативний або оперативно-ремонтний персонал, допущений розпорядливим документом керівника організації, черговий електрик або електромонтер по експлуатації електрообладнання.

У електроустановках напругою вище 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, одноосібно обслуговуючі електроустановки, повинні мати групу по електробезпеці IV, інші працівники в зміні – групу III.

У електроустановках напругою до 1000 В працівники з числа оперативного персоналу, які одноосібно обслуговують електроустановки, повинні мати групу III.

У електроустановках не допускається наближення людей, механізмів і вантажопідійомних машин до необгородженим струмоведучих частинам, які знаходяться під напругою, на менші відстані ніж вказаних в таблиці. 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимих відстаней до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою

Напруга, кВ	Відстань від людей і використовуваних ними інструментів і пристосувань, від тимчасових обгороджень, м	Відстані від механізмів і вантажопідійомних машин в робочому і транспортному положенні, від стропів, вантажозахватних пристосувань і вантажів, м
До 1	Не нормується (без дотику)	1,0
1-35	0,6	1,0

Одноосібний огляд електроустановок, електротехнічної частині технологічного обладнання може виконувати працівник, що має групу не нижче III, з числа оперативного персоналу, що обслуговують цю

електроустановку в робочий час або знаходиться на чергуванні, або працівник з числа адміністративно-технічного персоналу, що має групу V, для електроустановок напругою вище 1000 В, і працівник, що має групу IV, для електроустановок напругою до 1000 В і право одноосібного огляду на підставі письмового розпорядження керівника організації.

Працівники, не обслуговуючі електроустановки, можуть допускатися до них у супроводі оперативного персоналу, що має групу IV – в електроустановках напругою вище 1000 В, і що має групу III – в електроустановках напругою до 1000 В, або працівника, що має право одноосібного огляду.

Супроводжуючий працівник повинен стежити за безпекою людей, допущених в електроустановки, і попереджати їх про заборону наближатися до струмоведучих частин.

При огляді електроустановок дозволяється відкривати двері щитів, складок, пультів керування та інших пристроїв.

При огляді електроустановок напругою вище 1000 В не допускається входити в приміщення, камери, не обладнані обгородженнями (вимоги до встановлення обгороджень приведені в ПУЕ) або бар'єрами, що перешкоджають наближенню до струмоведучих частин на відстані менші ніж вказаних в табл. 6.1. Не допускається проникати за обгородження і бар'єри електроустановок.

Не допускається виконання будь-яких робіт під час огляду.

При замиканні на землю в електроустановках напругою 3-35 кВ наближатися до місця замикання на відстань менше 4 м в ЗРП допускається тільки для оперативних перемикачів з метою ліквідації замикання і звільнення людей, що потрапили під напругу. При цьому слід користуватися електрозахисними засобами.

Відключати і включати роз'єднувачів, віддільників і вимикачі напругою вище 1000 В з ручним приводом необхідно в діелектричних рукавичках.

Знімати і встановлювати запобіжники слід при знятій напрузі.

Допускається знімати і встановлювати запобіжники, що знаходяться під напругою, але без навантаження.

Під напругою і під навантаженням допускається замінювати: запобіжники у вторинних колах, запобіжники трансформаторів напруги і запобіжники пробкового типу.

При знятті і встановленні запобіжників під напругою необхідно користуватися:

- у електроустановках напругою вище 1000 В – ізолюючими кліщами(штангою) із застосуванням діелектричних рукавичок і засобів захисту обличчя і очей;
- у електроустановках напругою до 1000 В – ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками і засобами захисту обличчя або очей.

Двері приміщень електроустановок, камер, щитів і складок, окрім тих, в яких проводяться роботи, мають бути закриті на замок.

Порядок зберігання і видачі ключів від електроустановок визначається розпорядженням керівника організації. Ключі від електроустановок повинні знаходитися на обліку у оперативного персоналу.

Ключі мають бути пронумеровані і зберігатися в ящику, що замикається. Один комплект має бути запасним.

Ключі повинні видаватися під розписку:

- працівникам, що мають право одноосібного огляду (у тому числі оперативному персоналу) від усіх приміщень;
- при допуску по наряді-допуску (допускаючому з числа оперативного персоналу, відповідальному керівникові і виконавцеві робіт) від приміщень, в яких належить працювати.

Ключі підлягають поверненню щодня після закінчення огляду або роботи.

Видача і повернення ключів повинні записуватись в спеціальному журналі довільної форми або в оперативному журналі.

При нещасних випадках для звільнення потерпілого від дії електричного струму напруга має бути знята негайно без попереднього дозволу.

## **Організаційні і технічні заходи по забезпеченню електробезпеки**

До роботи в електроустановках повинні допускатися особи, що пройшли інструктаж і навчання безпечним методам праці, перевірку знань правил безпеки і інструкцій відповідно до займаної посади стосовно виконуваної роботи з привласненням відповідної кваліфікаційної групи по техніці безпеки і які не мають медичних протипоказань, встановлених Міністерством охорони здоров'я.

Для забезпечення безпеки робіт в діючих електроустановках повинні виконуватися наступні організаційні заходи:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і безпеку виконання робіт;
- оформлення наряду або розпорядження на виконання робіт;
- здійснення допуску до проведення робіт;
- організація нагляду за проведенням робіт;
- оформлення закінчення роботи, перерв в роботі, переведень на інші робочі місця;
- встановлення раціональних режимів праці і відпочинку.

Для забезпечення безпеки робіт в електроустановках слід виконувати:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення;
- перевірку відсутності напруги;
- механічне замикання приводів комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників ;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що унеможливають помилкове подання напруги до місця роботи;
- заземлення відключених струмоведучих частин (накладення переносних заземлювачів, включення заземлюючих ножів);
- обгородження робочого місця або струмоведучих частин, які залишились під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань.

При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках або поблизу них:

- відключення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергією;
- механічне замикання приводів відключених комутаційних апаратів;
- зняття запобіжників;
- від'єднання кінців живлячих ліній та інші заходи, що забезпечують неможливість помилкового подання напруги до місця роботи;
- встановлення знаків безпеки і обгороджень струмоведучих частин, які залишаються під напругою, до яких в процесі роботи можна доторкнутися або наблизитися на неприпустиму відстань;
- накладення заземлень (включення заземлюючих ножів або накладення переносних заземлень);
- обгородження робочого місця і встановлення попереджувальних знаків безпеки.

При проведенні робіт на струмоведучих частинах, що знаходяться під напругою виконують роботи по наряду не менше ніж двоє осіб, із застосуванням електрозахисних засобів, із забезпеченням безпечного розташування працюючих і використовуваних механізмів і пристосувань.

## **4.2 Пожежна безпека**

Головні причини можливих пожеж в електроустановках це пожежі, пов'язані з експлуатацією електроустановок, які відбуваються :

- від КЗ;
- від порушення правил експлуатації електронагрівних приладів;
- від перевантаження електродвигунів і електричних мереж;
- від утворення великих місцевих перехідних опорів;
- від електричних іскр і дуг.

Короткі замикання представляють найбільшу пожежну небезпеку.

Струми КЗ на декілька порядків перевищують номінальні струми проводів і срумоведучих частин і досягають сотень і тисяч ампер. Такі струми можуть не лише перегріти, але і запалити ізоляцію, розплавити струмоведучі частини і проводи. Плавлення металевих деталей машин і апаратів супроводжується розльотом іскр, які у свою чергу здатні запалити близько розташовані горючі речовини і матеріали, послужити причиною вибуху.

Короткі замикання в електроустановках виникають найчастіше із-за відмови електричної ізоляції внаслідок її старіння і відсутності контролю за її станом. Неправильна експлуатація електроустановок неминуче веде до виникнення пожеж. Не дотримуються пожежобезпечної відстані до горючих матеріалів, при експлуатації електронагрівних приладів для обігріву приміщень. Ігноруються чіткі технічні вказівки по режиму роботи.

На проектованому об'єкті на кожні 800 м<sup>2</sup> площі будівлі встановлюються по чотири порошкових або вуглекислотних вогнегасники (місткістю 5 літрів).

У приміщеннях електрощитових 0,4 кВ і ВРП 10 кВ по два вуглекислотних вогнегасники .

Порошкові вогнегасники (ОП) призначені для гасіння пожеж твердих, рідких і газоподібних речовин (залежно від марки використовуваного вогнегасного порошку), а також електроустановок, що знаходяться під напругою до 1 кВ.

Вуглекислотні вогнегасники призначені для гасіння загорянь різних речовин і матеріалів, а також електроустановок, кабелів і проводів, що знаходяться під напругою до 10 кВ.

При проведенні основних проектованих робіт на цьому об'єкті передбачаються наступні заходи пожежної безпеки

- під'їзні шляхи повинні мати покриття, придатне для проїзду пожежних автомобілів у будь-яку пору року. Ворота для в'їзду мають бути шириною не менше 4 м;

- на початок основних будівельних робіт на будівництві має бути забезпечене протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водопровідній мережі;
- при реконструкції і введенні об'єктів в експлуатацію чергами частина, що будується, має бути відокремлена від діючої протипожежними перегородками;
- двері на шляхах евакуації повинні відкриватися вільно і по напрямленню виходу з будівлі;
- забороняється захаращувати евакуаційні шляхи і виходи (у тому числі проходи, коридори, тамбури, галереї, ліфтові холи, сходові майданчики). Фіксувати самозакриваючі двері сходових кліток, а також знімати їх;
- виконання робіт всередині будівель із застосуванням горючих речовин і матеріалів одночасно з іншими будівельно-монтажними роботами, пов'язаними із застосуванням відкритого вогню(зварювання і т. п.), не допускається.

Оперативна ліквідація аварій є процесом відділення пошкодженого устаткування (ділянки мережі) від системи електроспоживання, а також виробництва операцій з метою:

- усунення небезпеки для обслуговуючого персоналу і устаткування, не зачепленого аварією;
- запобігання розвитку аварії;
- негайного (в найкоротший строк) відновлення електропостачання споживачів;
- створення найбільш надійної післяаварійної схеми електропостачання і окремих її частин;
- з'ясування стану устаткування, що відключилося під час аварії, і можливості включення його в роботу.
- у аварійних ситуаціях необхідні перемикання робляться тільки оперативним персоналом відповідно до інструкцій підприємств, з



дотриманням норм і правил роботи в електроустановках і із застосуванням усіх необхідних захисних засобів.

У профілактику аварійних ситуацій входить, підтримка енергетичного устаткування на підприємствах в належному технічному стані шляхом технічних і організаційних заходів профілактичного характеру, що планомірно проводяться системою планово-запобіжного ремонту(ПЗР).

Системою ПЗР залежно від режимів роботи електроустаткування і умов його експлуатації встановлюється чергування, періодичність і об'єми технічних обслуговувань і ремонтів електроустаткування з урахуванням забезпечення безперебійної роботи підприємства і безпечного ведення робіт. Планово-запобіжний ремонт включає роботи по догляду, міжремонтному обслуговуванню і проведенню поточних і капітальних ремонтів електроустаткування.

Проведення ремонтів електроустаткування, передбачених системою ПЗР, забезпечує зниження витрат на його утримання, зменшує кількість і час простоїв, число аварій, підвищує надійність роботи і якість ремонту.

Передчасний знос окремих частин і деталей електроустаткування, як правило, є наслідком незадовільного обслуговування або погано проведеного ремонту. Це може створити аварійну ситуацію в електричній мережі або привести до виходу електроустаткування з ладу. Тому попередження передчасного зносу і забезпечення робочого стану устаткування є одним з основних завдань технічного обслуговування електроустаткування.

Приклад передбачуваних аварійних ситуацій :

При виконанні земляних робіт сталося ушкодження одного з живлячих кабелів 10 кВ. Діями обслуговуючого персоналу для відновлення електропостачання були проведені наступні дії:

Відключення пошкодженої живлячої лінії 10кВ. Включення секційного вимикача на РП 0,4 кВ чим було забезпечено електропостачання об'єкту у виниклій аварійній ситуації. Проведені заходи по забезпеченню безпеки відновних робіт.

У час відновлення живлячого кабелю 10кВ на РП 0,4кВ виникає перегрівання ножів секційного вимикача із за неповного їх включення, що приводить їх до вигорання із-за поганого контакту і розплавленню частини алюмінієвих шин, що з'єднуються з секційним вимикачем. Це призводить до часткового відключення будівлі. Діями чергового персоналу робиться відключення секційного вимикача і попереджається виникнення пожежі на РП 0,4 кВ. Для забезпечення електроенергією відповідальних споживачів (ліфти, холодильне устаткування) персонал в електрощитовій, розташованій в цокольному поверсі будівлі, за допомогою кабелю робить тимчасове підключення і відновлює працездатність цих споживачів. Після відновлення живлячого кабелю 10 кВ черговий персонал робить включення об'єкту в нормальний режим, робить відновлення працездатності секційної зборки 0,4 кВ згідно спеціально розробленому для цього графіку проведення відновних робіт.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі бакалавра здійснено розробку заходів для підвищення енергоефективності електропостачання для об'єктів малого бізнесу, на прикладі мийки самообслуговування на 6 постів, за рахунок використання альтернативних джерел живлення, представлених автономною сонячною електростанцією.

У цій роботі були розглянуті більшість видів вживаної у наш час альтернативних джерел енергії, а також вибраний один з найбільш перспективних серед них, що є сонячною енергетикою.

Далі була зроблена оцінка споживання електричної енергії вибраного об'єкту малого бізнесу на основі миття самообслуговування на 6 постів, розглянута його система освітлення і загальна електрична мережа до додавання до неї альтернативного джерела живлення.

І тільки після цього була спроектована система електропостачання на основі комплекту автономної сонячної електростанції на 20 кВт компанії Solar Garden в якого входить усе потрібне для її роботи устаткування, представлене 48 сонячними панелями SilaSolar 340Вт PERC (5BB), 4 гібридними інверторами SILA 5000M Plus (PF 1.0) і 28 АКБ SunStonePower ML12 - 200 загальною місткістю 67,2 кВт-год (1400 А-год, 48В). Також була розроблена схема паралельного живлення від централізованої і альтернативного джерел енергії для вибраного миття самообслуговування на 6 постів.

Також був зроблений аналіз енергоефективності вибраних заходів і отримані дані з економії електроенергії в різних варіантах застосування.

У результаті, можна сказати, що застосування альтернативних джерел живлення украй позитивно позначається на економії електричної енергії, оскільки, по-перше, малому бізнесу важливо застосовувати будь-які можливі варіанти для зменшення витрат на зміст об'єкту, що веде до збільшення прибутку, а також, по-друге, цей вид електричної енергії є невичерпним, що позитивно позначається на зменшенні споживання січених видів палива, які у

наш час застосовуються для вироблення електроенергії.

Застосовуючи автономну сонячну електростанцію на 20 кВт компанії Solar Garden для живлення цього об'єкту тільки в нічний час (з 22:00 до 9:00), в рік можливо заощадити 6089,64 кВт·год електричної енергії. Якщо ж застосовувати представлену автономну сонячну електростанцію в денний час не лише для зарядки АКБ, але і для потреб самого миття самообслуговування, то економія зросте до 19904,71 кВт·год в рік, а сама установка окупиться за три роки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козак, К. М., & Леуш, Б. (2019). Оцінка енергоефективності застосування сонячно-вітрових енергоустановок для електропостачання підприємств. Матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки, приладобудування і комп’ютерних технологій “присвячена 80-ти річчю з дня народження професора ЯІ Проця, 295-296.
2. Каржинерова, Т. І. (2019). Розвиток альтернативної енергетики в Україні. Науковий вісник будівництва, (95,№ 1), 137-141.
3. Ожегова, Л. А. "Пространственные особенности развития солнечной энергетики: глобальный и региональный аспекты." Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология 27.1 (2014).
4. Могилко, О. В. "Аналіз перспектив розвитку сонячної енергетики та інших альтернативних джерел енергії України." Вісник економіки транспорту і промисловості 30 (2010): 51-53.
5. Кузьміна, М. М. Розвиток сонячної енергетики в Україні [Текст] / М. М. Кузьміна // Науковий вісник Ужгородського національного університету : Серія: Право / гол. ред. Ю.М. Бисага. – Ужгород : Гельветика, 2021. – Вип. 29. Т. 1. – С. 183–186. – Бібліогр.: с. 186 (6 назв).
6. ЕКО ЕНЕРГІЯ: [Веб-сайт]. Івано-Франківськ, 2021. URL: <https://ecoenerhiia.ua/news/tehnologii-dlja-pidvishhenoi-efektivnosti-peretvorennya-sonjachnoi-energii-v-elektrichnu.html> (дата звернення: 23.01.2022).
7. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. Київ, 2018. 133 с.
8. <https://www.spaceweatherlive.com/uk/sonyachna-aktivnist/sonyachniy-cikl.html>
9. <https://soncedim.com.ua/ru/product/ja-solar-lw-340m-perc-half-cell>

10. [https://greenhvac.tech/catalog/solnechnaya\\_energetika/akkumulyatory\\_dlya\\_solnechnykh\\_paneley/akkumulyatory\\_agm/akkumulyator\\_sunstonepower\\_ml12\\_200/](https://greenhvac.tech/catalog/solnechnaya_energetika/akkumulyatory_dlya_solnechnykh_paneley/akkumulyatory_agm/akkumulyator_sunstonepower_ml12_200/)
11. [https://greenhvac.tech/catalog/solnechnaya\\_energetika/inventory/gibridnye\\_inventory/gibridnyy\\_solnechnyy\\_invertor\\_sila\\_pro\\_5000m\\_pf\\_1\\_0/](https://greenhvac.tech/catalog/solnechnaya_energetika/inventory/gibridnye_inventory/gibridnyy_solnechnyy_invertor_sila_pro_5000m_pf_1_0/)
12. <https://www.solargarden.com.ua/obladnannya/stantsiya-na-20-kvt/>
13. ДСТУ EN 50160-2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення». Київ. «Мінекономрозвитку України». 2014. – 27 с.
14. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
15. Діючі нормативні документи для підготовки проектної документації щодо реконструкції, технічного переоснащення існуючих або будівництва нових підстанцій в мережах ДП «НЕК «Укренерго». Перелік. (станом на 01.08.2019 р.).
16. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електроенергетики та електропостачання». Підручник – Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.
17. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258 ] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
18. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
19. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.