

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (О. КОЛЛАРОВ)

« » _____ 2022 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Євгену АКИМЕНКУ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності функціонування ділянки електромережі

керівник роботи Дмитро КАРДАШ, асист. каф.

(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи 02 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: Для розрахунку ділянки електричної мережі надано трансформатор типу: ТМ–180/6, який живить промисловий об'єкт з наступним добовим графіком навантаження активної та реактивної потужності відповідно: 20:00 – 6:00 – 10 кВт, 8 кВА; 7:00, 19:00 – 25 кВт, 15 кВА; 8:00, 13:00, 18:00 – 70 кВт, 80 кВА; 9:00, 14:00 – 100 кВт, 130 кВА; 10:00 – 12:00, 15:00 – 17:00 – 170 кВт, 160 кВА. Вільна земельна ділянка біля промислового об'єкта становить 200 м². Відсутні параметри обрати із врахуванням вже наданих або вибрати довільно, дотримуючись обмежень, накладених вихідними даними.

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

1. Аналіз методів підвищення енергоефективності електричної мережі.

2. Впровадження відновлювальних джерел енергії в енергосистему.

3. Проектування та розробка сонячної електростанції для підвищення енерго-

ефективності промислового об'єкта

4. Розробка заходів з охорони праці.

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

Одинадцять слайдів презентаційного матеріалу.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ініціали, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 3	Д. КАРДАШ, асист. каф.		
Розділ 4	О. КОЛЛАРОВ, зав. каф.		
Нормоконтроль	О. ЛЮБИМЕНКО, доц. каф.		

7. Дата видачі завдання 05 травня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	05.05.22 – 12.05.22	
2.	Розділ 2	13.05.22 – 23.05.22	
3.	Розділ 3	24.05.22 – 31.05.22	
4.	Розділ 4	01.06.22 – 02.06.22	
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			

Студент _____
(підпис)

Євген АКІМЕНКО
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дмитро КАРДАШ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

АКИМЕНКО Є. В. Підвищення ефективності функціонування ділянки електромережі / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2022.

У дипломній роботі докладно розглянуто головні принципи та заходи щодо зниження витрат електричної енергії у електромережах. Також, проаналізовано методи підвищення енергоефективності та надійності системи електропостачання технологічних об'єктів та промислових підприємств. Визначено можливість впровадження альтернативної енергетики для покращення параметрів роботи електричної мережі.

При дослідженнях у роботі розглянута інформація про використання альтернативних джерел енергії, а саме сонячних електростанцій, для електропостачання споживачів різних категорій. Проаналізовано ефективність роботи генеруючих джерел енергії підключених як додаткова потужність в електричну мережу.

Проведено розрахунок сонячної електростанції, наведено її основні параметри. Обґрунтовано вибір перетворювальної техніки, тобто інверторного устаткування для фотогенеруючої системи.

Також, наведено спрощену систему електричної мережі з впровадженням альтернативного джерела енергії для підвищення енергоефективності за допомогою програми Matlab (Simulink).

Ключові слова: енергоефективність, фотомодуль, реактивна потужність, трансформатор, інсоляція, активна потужність, інвертор, фотострум, Matlab.

Список публікацій:

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....	9
1.1 Заходи щодо зниження втрат електричної енергії у розподільчих мережах	9
1.2 Аналіз методів підвищення енергоефективності електрозабезпечення промислових підприємств.....	12
1.3 Аналіз сонячних електростанцій для підвищення енергоефективності промислових об'єктів	20
2. ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ	22
2.1 Використання альтернативних джерел енергії в промисловості	22
2.2 Основи фотоелектричної техніки	23
2.3 Ефективність фотоелектричних панелей.....	27
2.4 Гібридне фотоелектричне виробництво електроенергії.....	28
2.5 Бар'єри сонячної промисловості	29
2.6 Перспективи розвитку систем альтернативної генерації.....	30
3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА.....	33
3.1 Аналіз наданих даних для підвищення	33
3.2 Характеристики трансформаторної підстанції	35
3.3 Розрахунок сонячної електростанції	38
3.4 Модель сонячної електростанції в системі прикладних програм Matlab (Simulink).....	43
ВИСНОВКИ.....	48
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	49

ДОДАТОК А. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	51
ДОДАТОК Б. ТЕХНІЧНА СПЕЦИФІКАЦІЯ ФОТОМОДУЛЯ	63
ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРАЛЕРА.....	65

ВСТУП

Екологічні проблеми планетарного масштабу та оглядова перспектива виснаження паливно-енергетичних ресурсів Землі викликають у всьому світі зростання нової енергетики, заснованої на широкомасштабному використанні відновлюваних енергоресурсів планети: сонячного випромінювання, вітру, потоків води, геотермальної енергії та енергії гниї біомаси.

Ці тенденції відображені і в «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року». Як стратегічні цілі використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та місцевих видів палива в визначено для перспективного розвитку, а саме:

- зниження темпів зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище та протидія кліматичним змінам при необхідності задоволення зростаючого споживання енергії;
- раціональне використання та зниження темпів зростання споживання наявних ресурсів викопного палива в умовах неминучого виснаження його запасів;
- збереження здоров'я населення та якості життя шляхом зниження темпів зростання забруднення навколишнього середовища при використанні викопного палива, зниження загальнодержавних витрат на охорону здоров'я;
- зниження темпів зростання витрат на розподіл і транспортування електричної енергії та палива і виникаючих при цьому втрат;
- залучення до паливно-енергетичного балансу додаткових паливно-енергетичних ресурсів;
- підвищення рівня енергетичної безпеки та надійності енергопостачання за рахунок збільшення рівня його децентралізації.

За існуючими оцінками, технічний ресурс відновлюваних джерел енергії (переважна частка у якому має потенціал використання енергії сонця та вітру)

становить не менше 4,5 млрд. тонн на рік, що у чотири рази перевищує обсяг споживання всіх паливно-енергетичних ресурсів. Економічний потенціал ВДЕ залежить від існуючих економічних умов; вартості, наявності та якості запасів копалин паливно-енергетичних ресурсів; регіональних особливостей тощо. Зазначений потенціал змінюється в часі і повинен спеціально оцінюватися в ході підготовки та реалізації конкретних програм та проектів з розвитку ВДЕ (з урахуванням комплексної оцінки їх конкретного вкладу в досягнення зазначених стратегічних цілей).

Відновлювана енергетика здатна зробити значний внесок у вирішення найважливішої проблеми енергозабезпечення децентралізованих районів України.

Найбільш перспективним варіантом побудови автономних енергетичних комплексів для таких об'єктів є інтеграція в дизельну систему електропостачання вітрових та фотоелектричних станцій.

У ході виконання дипломної роботи було запропоновано вирішення наступних завдань:

1) провести аналіз методів підвищення енергоефективності електричної мережі для надійності та безперебійної роботи енергосистем постачання промислових підприємств;

2) розглянути основні характеристики та принципи впровадження відновлювальних джерел енергії для електропостачання на прикладі сонячних фотогенеруючих станцій;

3) виконати аналіз та провести модернізацію щодо підвищення енергоефективності та функціонування ділянки системи електроживлення.

Дипломна робота: 65 сторінки, 17 рисунків, 3 таблиці, 3 додатки, 16 джерел.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

1.1 Заходи щодо зниження втрат електричної енергії у розподільчих мережах

Для об'єктивного технічно та економічно обґрунтованого вибору заходів щодо зниження втрат електричної енергії, а також для визначення обсягів фінансування строків реалізації повинні розроблятися та затверджуватись схеми розвитку електричних мереж на розрахунковий період.

При розробці схем розвитку розглядаються такі питання та приймаються щодо них рішення.

1. Оптимізація схемних режимів. Проводиться аналіз існуючих схем у частині побудови міських електричних мереж: двопроменева; петльова; змішана з виконанням електричних розрахунків і з оцінкою двох режимів електричних мереж - для умов річного максимуму і мінімуму навантажень з урахуванням точок струму, що визначилися за період експлуатації, в нормальному та в післяаварійному режимах. Розраховуються втрати електроенергії в елементах мережі, лініях електропередачі, трансформаторах. Визначається баланс активної та реактивної потужностей у вузлах розподілу потоків. Дається оцінка ефективності роботи мережі з втрат електроенергії, її якості у споживача, завантаження мережі реактивною потужністю та її дефіциту, надійності електропостачання.

З урахуванням даних про зростання навантажень, існуючих споживачів на розрахунковий період, даних про нових заявлених споживачів, планів міської забудови та перспективного розвитку формується, допрацьовується схема розвитку на розрахунковий період, а також її принципи побудови, уточнюються точки струмоділів. Знову виконуються електричні розрахунки з оцінкою двох режимів електричної мережі - для умов річного максимуму та мінімуму навантаження зі складанням нового балансу активної та реактивної потужностей

у нормальному та післяаварійному режимах. За результатами електричних розрахунків та даних отриманих технічним аудитом, що характеризують фізичний стан електротехнічного обладнання мереж, визначаються обсяги робіт з його заміни, реконструкції та розвитку електричних розподільних мереж, необхідних для приведення їх до стану, при якому забезпечуються оптимальні електричні втрати, а також адаптація мереж до зростаючих електричних навантажень.

2. Переведення електричної мережі (ділянок мережі) на вищий клас напруги. З появою в житловому секторі сучасних багатоповерхових будівель, питоме споживання на квартиру в яких перевищує 20 кВт, необхідно розглядати питання електропостачання цих будівель за схемою глибокого введення, зводячи цим до мінімуму появу нових кабельних ліній напругою 0,38 кВ.

При виконанні електричних розрахунків з урахуванням зростання навантажень необхідно розглядати можливість переведення ділянок мережі більш високий клас напруги. Особливо це стосується зон комплексної забудови. Переведення мережі на вищий клас напруги повинен розглядатися одночасно з режимами роботи нейтралі (глухозаземлена або ефективно заземлена через резистор), з такими режимами роботи нейтралі мають менші втрати електроенергії за рахунок відсутності додаткового обладнання, необхідного для компенсації великих ємнісних струмів.

3. Компенсація реактивної потужності. При розробці схем розвитку мережі на етапі визначення балансу активної та реактивної потужності у вузлах розподілу потоків за розрахунковий період визначається дефіцит реактивної потужності. З розрахункових даних на схемі вирішуються питання необхідної кількості пристроїв компенсації реактивної потужності, а також їх розташування. Пріоритетним є розміщення вирівнюючих пристроїв безпосередньо у споживача, оскільки це кардинально впливає на втрати потужності в мережі та її якість у споживача. Батарея статистичних конденсаторів також є елементом у цьому варіанті установки регулювання напруги.

4. Регулювання напруги в лініях електропередачі. Регулювання напруги на центрах живлення повинне здійснюється за принципом зустрічного регулювання. На протяжних фідерах - з метою зниження втрат електроенергії та забезпечення належного рівня напруги, як регулятори напруги необхідно встановлювати конденсаторні батареї з автоматичним регулюванням або вольтододаткові трансформатори, також з автоматичним регулюванням напруги.

5. Застосування сучасного електротехнічного обладнання, що відповідає вимогам енергозбереження. Необхідно замінювати силові трансформатори і трансформатори власних потреб у разі, якщо вони мають великі втрати електроенергії на перемагнічування сердечників, трансформатори з меншими втратами, а також струмообмежувальні реактори на сучасні з великими індуктивними опором до струмів КЗ і меншими втратами в нормальному режимі.

При розробці робочих проектів на реконструкцію та технічне переозброєння має закладатись обладнання, що відповідає вимогам енергозбереження. Застосування трансформаторів із сердечниками з аморфної сталі також дозволить знизити втрати.

Застосування вимірювальних трансформаторів струму та напруги з високим класом точності та заміна індукційних лічильників на електронні дозволить отримувати більш об'єктивну інформацію про втрати в електричних розподільних мережах, знижуючи цим величину комерційних втрат електроенергії.

Застосування вольтододаткових трансформаторів як лінійних регуляторів напруги дозволяє не тільки знижувати втрати електроенергії в мережах, але також вирішує питання адаптації ліній електропередачі до зміни електричних навантажень до їх зростання - забезпечить нормований рівень напруги у споживача.

6. Зменшення споживання електроенергії для «власного користування» електроустановками. Застосування для електроопалення будівель і підстанцій, розподільчих пунктів підстанцій тощо. Нагрівальні елементи з теплоаккумуляторами, що дозволяють використовувати електроенергію для

опалення в нічний час у піковий період графіка навантаження, частково знизять потреби власного споживання в мережевих об'єктах.

Використання люмінесцентних ламп для освітлення будівель і приміщень з максимальним використанням режиму чергового світла.

7. Впровадження автоматизації та дистанційного керування електричними розподільними мережами напругою 6-20 кВ. Забезпечує своєчасне виявлення несприятливих режимів роботи мережі та оперативне усунення цих режимів у несприятливих ситуаціях графіків навантажень, що дозволяє уникати аварійних ситуацій масового відключення споживачів. Недопущення розвитку несприятливих режимів в електричних мережах значною мірою впливає і втрати електроенергії в мережах.

Комутаційні апарати вимикачі, вимикачі навантаження повинні застосовуватися на базі вакуумних вимикачів із програмованим мікропроцесорним управлінням, що забезпечує функції АПВ, АВР, фіксацію зміни потоків потужності.

Необхідність перелічених вище заходів повинна враховуватися за узгодження владою державного освіти виробничих та інвестиційних програм електромережевих організацій [1-3].

1.2 Аналіз методів підвищення енергоефективності електрозабезпечення промислових підприємств

У мережах електроенергія передається високовольтними лініями у вигляді синусоїдальних хвиль напруги та сили струму з частотою 50 Гц, причому одночасно передаються три хвилі (фази), зсунуті один щодо одного на 120° . Висока напруга застосовується з метою мінімізації втрат під час передачі. Залежно від обладнання, що використовується, при вході на об'єкт споживача або поблизу конкретної установки здійснюється зниження напруги. Як правило, напруга для промислових споживачів знижується до 440 В, а домогосподарств, офісів тощо – до 240 В. Якість електропостачання та умови використання

електричної енергії залежать від різного плану факторів, включаючи само собою опір електричної мережі, а також вплив різних видів комутаційного обладнання та використання електричної енергії на характерні риси енергопостачання. В енергетичних системах дуже бажані стабільність напруги, а також відсутність спотворень форми хвиль.

Розглянемо найбільш економічно – ефективні технології у сфері підвищення енергоефективності електропостачання підприємств.

1. Установка конденсаторів у ланцюгах змінного струму безпосередньо перед індуктивними елементами для компенсації реактивної складової електричної енергії, що споживається.

Генератор змінного струму виробляє два види електричної енергії – активну та реактивну.

Активна енергія витрачається в електричних печах, лампах, електричних машинах та інших споживачах, переходячи до інших видів енергії – теплової, світлової, механічної. Реактивна потужність (енергія) не витрачається споживачами і повертається по лініям електропередавання до генератора. Це призводить до зростання струму, що протікає по електричній мережі, і відповідно вимагає збільшення площі поперечного перерізу проводів.

Приклади індуктивних опорів:

- однофазні та трифазні електродвигуни змінного струму;
- приводи із напівпровідниковими перетворювачами;
- трансформатори;
- розрядні лампи високої інтенсивності.

При роботі всіх цих пристроїв використовується як активна, так і реактивна електрична потужність. Активна потужність перетворюється на корисну роботу, тоді як реактивна потужність витрачається на створення електромагнітних полів, наявність яких є необхідною умовою для роботи електродвигунів та трансформаторів. Реактивна потужність здійснює періодичні коливання між генератором та навантаженням (із частотою джерела).

Повна потужність розраховується як геометрична сума активної та реактивної потужності, представлена взаємно перпендикулярними векторами (рис. 1.1).

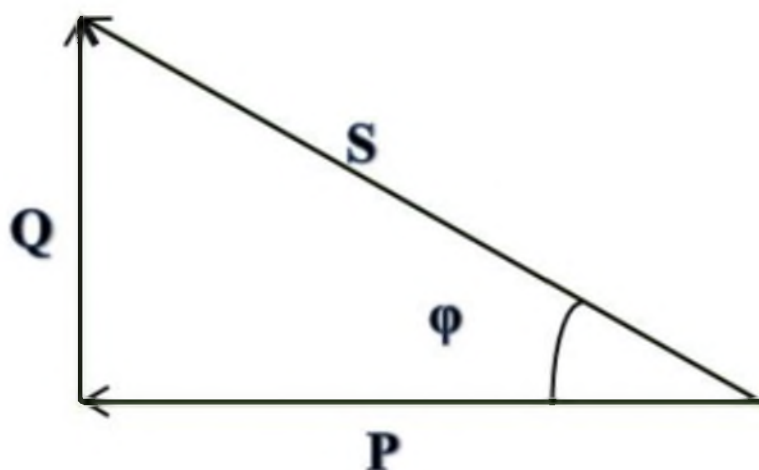


Рисунок 1.1 – Векторна діаграма активної (P), реактивної (Q) та повної потужності (S)

Саме повна потужність визначає вимоги до генеруючих, мережевих та розподільних потужностей. Це означає, що генератори, трансформатори, лінії електропередач, розподільне обладнання та інші комутаційні апарати повинні бути розраховані на більш високу номінальну потужність, ніж у тому випадку, якби навантаження споживало лише активну потужність.

Споживання реактивної потужності від енергопостачальної організації недоцільне, оскільки призводить до збільшення потужності генераторів, трансформаторів, перерізу кабелів, що підводять (зниження пропускної спроможності), а також підвищення активних втрат та падіння напруги (через збільшення реактивної складової струму мережі живлення). Тому реактивну потужність необхідно отримувати (генерувати) у споживача. Цю функцію виконують установки компенсації реактивної потужності (КРП), основними елементами яких є конденсатори.

Установки КРМ – електроприймачі з ємнісним струмом, які при роботі формують випереджальну реактивну потужність (струм по фазі випереджає напругу) для компенсації відстаючої реактивної потужності, що генерується індуктивним навантаженням.

Правильна компенсація реактивної потужності дозволяє:

- Зменшення загальних витрат на електроенергію;
- зменшити і тим самим збільшити навантаження на елементи розподільної мережі (лінії, трансформатори та розподільні пристрої), що в свою чергу підвищить термін роботи устаткування;
- зменшити втрати теплової енергії та електроенергії;
- зменшити вплив вищих гармонік; зменшити перешкоди в мережі, зменшити дисбаланс фаз;
- досягти більшої надійності та економічності розподільних мереж. Крім того, він дозволяє в існуючих мережах:
 - виключити вироблення реактивної енергії в мережі в години мінімального навантаження;
 - зменшити витрати на ремонт та оновлення парку електронних пристроїв;
 - збільшити пропускну спроможність системи електропостачання споживача, що дозволить підключити додаткові навантаження без збільшення вартості мереж;
 - у новостворених мережах – зменшити потужність підстанцій та перетин кабельних ліній, що знизить їх вартість.

2. Перевірка системи енергопостачання на наявність вищих гармонік та, при необхідності, використання відповідних фільтрів. Спотворена крива струму або напруги може бути розкладена на фундаментальну синусоїду (50 Гц) та суму певної кількості частот кратних 50 Гц. Наприклад, 250 Гц – 5-а гармоніка та 350 Гц – 7-а гармоніка. Сума певної кількості частот, які можуть бути додані до синусоїди 50 Гц для отримання наявної форми струму чи напруги і називається

гармоніками. Відповідно при зміні їх амплітуди, фази та частоти змінюється крива струму чи напруги як наслідок синтезу гармонік.

Нелінійні спотворення виявляються як зміна синусоїдальності кривої струму або напруги. Частоти вище фундаментальної (50 Гц) називаються гармоніками, частоти нижче фундаментальної називаються субгармоніками.

Джерела (підсилювачі) гармонік:

- тиристорні контролери;
- частотні приводи;
- влаштування плавного пуску двигуна;
- конденсаторні установки для компенсації реактивної потужності (без фільтрів);
- напівпровідники;
- дугове зварювання;
- трансформатори, реактори;
- нелінійне навантаження, що спотворює форму кривої струму, що генерує гармоніку;

Гармоніки, що генеруються джерелами, не залишаються в системі, а виявляються в сусідніх пов'язаних електромережах і можуть призводити до катастрофічних наслідків в інших системах:

- перегрів та вихід з ладу трансформаторів;
- збільшення струму, або перевантаження струмом конденсаторів та шум;
- збої у роботі систем контролю;
- зміна напруги;
- перевантаження обертових пристроїв;
- помилки спрацьовування автоматичних вимикачів;
- помилки у комунікаційному обладнанні;

Гармонічні спотворення можуть придушуватись в електричних системах при використанні гармонійних фільтрів. У класичному вигляді фільтр є послідовно з'єднаним конденсатором та індуктивністю та налаштований на певну гармонічну частоту. Теоретично опір фільтра дорівнює нулю на частоті

резонансу, тому гармонійний струм абсорбується фільтром. Цей ефект разом із опором лінії означає, що таким можна добре зменшувати кількість гармонік в мережі.

Існують три типи фільтрації гармонік:

1. пасивні;
2. активні;
3. гібридні.

Принцип дії пасивних фільтрів: паралельно нелінійному навантаженню встановлюється LC-контур (що складається з ємностей та індуктивностей), налаштований на частоту гармоніки, яку необхідно зменшити. Цей контур поглинає гармоніки, запобігаючи їх попаданню в розподільну мережу. Зазвичай пасивні фільтри налаштовуються на частоту, близьку до частоти гармоніки, яку потрібно зменшити. Якщо потрібно зменшення кількох гармонік, можуть використовуватись кілька паралельно з'єднаних фільтрів.

Принцип дії активних фільтрів: вони являють собою системи силової електроніки, які встановлюються послідовно або паралельно нелінійному навантаженню та компенсують гармоніки струму або напруги, що споживаються цим навантаженням. Активні компенсатори гармонік генерують у розподільну мережу гармоніки, що споживаються відповідними нелінійними навантаженнями, але з протилежною фазою. Внаслідок цього струм у мережі залишається синусоїдальним.

Принцип дії гібридних фільтрів: вони складаються з комбінації пасивних та активних фільтрів. Мають переваги обох типів фільтрів і придатні для застосування у широкому діапазоні потужностей та режимів роботи електроустановки.

Ефективність фільтрів гармонік:

- 1) покращення $\cos(\varphi)$ у мережі (зменшуються перетікання реактивної потужності, покращується ефективність використання електроенергії та як наслідок знижуються витрати);

- 2) зменшення (поглинання) гармонік із мережі; вирішення проблеми резонансу між індуктивностями та ємностями в системі;
- 3) збільшення продуктивності та терміну служби обладнання на виробництві внаслідок контролю якості напруги.

3. Забезпечення достатнього перерізу кабелів, які відповідають потужності всіх споживачів. Діаметр кабелів або проводки, які використовуються для електропостачання обладнання, має бути досить великим, щоб уникнути надлишкових втрат, пов'язаних із опором.

Системи енергопостачання можуть бути оптимізовані за допомогою використання обладнання з підвищеної енергоефективності, наприклад, енергоефективних трансформаторів.

4. Розміщення обладнання, що вимагає великої сили струму, якомога ближче до джерел живлення (наприклад, трансформаторам). У лініях електропередач та кабелях мають місце омичні втрати потужності, які (при заданій потужності) тим вищі, що нижча напруга. Тому обладнання, споживає значну потужність, має бути так близько до високовольтної лінії, як тільки можливе. Це означає, наприклад, що відповідний понижувальний трансформатор повинен перебувати якомога ближче до енергоспоживаючого обладнання.

5. Енергоефективна експлуатація трансформаторів. Трансформатор являє собою пристрій, призначене для перетворення змінного струму одного класу напруги на змінний струм іншого класу напруги. Широке поширення трансформаторів зумовлено, зокрема, тим, що електроенергія передається і розподіляється при вищому рівні напруги, ніж рівень, необхідний для живлення промислового устаткування, що дозволяє знизити втрати під час передачі.

Як правило, трансформатор є статичним пристроєм, що складається з осердя, набраного з феромагнітних пластин, а також первинної та вторинної обмоток, розташованих з протилежних сторін сердечника. Найважливішою характеристикою трансформатора є коефіцієнт трансформації, що визначається як відношення вихідної напруги до вхідної.

Незалежно від потужності конкретного трансформатора, залежність його ККД від коефіцієнта завантаження має максимум, що у проміжку від 45% до 75% від номінальної завантаження.

Ця особливість дозволяє розглянути наступні варіанти підвищення ефективності трансформаторної підстанції:

- якщо загальна потужність, споживана навантаженням, нижча за рівень 40–50% номінальної потужності трансформаторної підстанції, то як міру енергозбереження доцільно відключити один або кілька трансформаторів, щоб довести завантаження до оптимальної величини;
- у протилежній ситуації (загальна потужність, що споживається навантаженням, перевищує 75% номінальної потужності трансформаторної підстанції), досягти оптимального ККД трансформаторів можна лише за допомогою встановлення додаткових потужностей;
- при заміні трансформаторів, що вичерпали ресурс, або модернізації трансформаторних підстанцій кращою є установка трансформаторів зі зниженим рівнем втрат, що дає змогу знизити втрати на 20 – 60%.

6. Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Іншим способом підвищення ефективності роботи генераторних установок та СЕП компаній є розширення розподілу генерації відновлюваними джерелами енергії (сонячні та вітрові електростанції, малі гідроелектростанції, біогазові установки).

Ефективність електропостачання залежить від техніко-економічних та екологічних параметрів електростанцій, що використовуються на відновлюваних джерелах енергії, а також від режиму їх роботи.

Використання відновлюваної енергії підвищує ефективність постачання електроенергії споживачам за рахунок зменшення їх залежності від:

- централізованої електромережі (ЦЕС);
- зменшення втрат в ЦЕС;
- обмеження реконструкції застарілих енергетичних мереж;
- зниження енерговитрат викопного палива;

– підвищення надійності та безперебійності електропостачання промислових об'єктів.

Використання комбінованих джерел енергії (ВДЕ та централізованої електромережі) в енергосистемах підприємства дозволяє зменшити втрати на електростанціях, а отже втрати в розподільній мережі та електроприводах, підвищити якість електроенергії, вплинути на ефективність приймачів та забезпечити безперебійну енергію [1,4,5].

1.3 Аналіз сонячних електростанції для підвищення енергоефективності промислових об'єктів

Сонячна енергетика є однією з найбільших та перспективних складових альтернативної енергетики та галузі використання відновлюваних джерел енергії. В наш час розрізняються три основні способи використання енергії сонця: генерування електроенергії, отримання зосередженої теплової енергії для подальшого генерування або пряме нагрівання теплоносія (зазвичай водного). Використання енергії Сонця сьогодні має переважне значення. Основа сонячних батарей фотоелектричні перетворювачі (ФЕП), у яких відбувається перетворення радіації Сонця на електрику. Найважливіші області для досліджень та високотехнологічних розробок представляє енергія Сонця та вітру та використання її у повсякденному житті. Свої особливості має теплова сонячна енергія, як та інші ВДЕ.

Найважливішим показником ефективності використання сонячної енергії є інсоляція регіону, де планується реалізація проекту. Інсоляція розкриває рівень інтенсивності опромінення поверхні сонячної радіацією; вимірюють інсоляцію в кіловат годинах на метр квадратний за встановлений інтервал часу (день, місяць, рік). Тим більше енергії сонячного випромінювання може бути перетворено на електричну або теплову енергію, чим вища інсоляція в регіоні. Енергія Сонця знаходить застосування у всіляких сферах діяльності:

- промислові тепло- та електростанції;

- станції постачання теплової та електричної енергії різного роду об'єктів;
- економічно вигідні установки для приватних будинків;
- застосування еластичних сонячних батарей як будівельний матеріал;
- резервні джерела живлення в товарах масового споживання: калькулятори, годинники, ноутбуки, ліхтарі, акумулятори та ін.;
- резервні джерела живлення транспортних засобів;
- освітлення у темний час доби дорожніх знаків та іншого за рахунок накопиченої енергії сонця.

На сьогоднішній день практично кожен має можливість зібрати своє незалежне джерело електроенергії на основі сонячних модулів. Витрати на дорогі пристрої з часом покриваються можливістю користуватися безкоштовною електроенергією. Ще один важливий аспект: сонячні батареї – це екологічно чисте джерело енергії. Останнім часом вартість фотоелектричних панелей знизилася і ця тенденція продовжується, що дозволяє розмірковувати про неймовірні перспективи у використанні сонячних батарей. У традиційному вигляді джерело «зеленої» електроенергії складатиметься з наступних пристроїв: сонячних батарей (пристрою, що генерує постійний струм), акумуляторних батарей з контролером відстеження точки максимальної потужності сонячних панелей та інвертора, що є перетворювачем постійного струму в змінний.

Існують два основних види сонячних електричних перетворювачів: матеріал для одних монокристалічний кремній, для інших – полікристалічний. Відмінності одних елементів від інших становлять технологія виробництва та ККД. У перших ККД до 17,5%, а у других – 15% [1,6].

2. ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМУ

2.1 Використання альтернативних джерел енергії в промисловості

У двадцять першому столітті енергетичні системи досягають величезного прогресу. Революція індустріалізації принесла швидке збільшення населення, а разом з цим і економічний розвиток, що призвело до збільшення попиту на енергію та залежності населення від палива для безлічі видів використання, що спричиняє череззвичайне виснаження невідновлюваних ресурсів, що пропонуються у світі. Значна частина електроенергії (77,9%) виробляється переважно з викопного палива, а також з ядерних джерел.

Ці джерела енергії дорогі та небезпечні екологічні забруднювачі (через утворення токсичних газів і створення «парникового» ефекту). Це призводить до дуже серйозних негативних глобальних кліматичних змін і наслідків для навколишнього середовища, таких як танення льоду та підвищення рівня води на планеті. Використання викопного палива та його експлуатація призводить до серйозних проблем у природному балансі, що призводить до пошкодження екосистеми. Тому необхідно докладати більше зусиль для збільшення використання відновлюваних джерел енергії в усьому світі. Сьогодні це великий виклик забезпечити необхідну кількість екологічно чистої енергії на глобальному рівні. Майбутнє – це енергетичні технології, які будуть використовувати відновлювані джерела енергії (біомаси, вітру чи сонця). Багато досліджень показали що глобальні потреби в енергії можна задовільнити за рахунок використання сонячної енергії, оскільки вона є всюди в природі і є вільнодоступним джерелом енергії та є відновлювальною, тобто без використання ресурсів.

Сонячна енергія – це сонячне випромінювання, яке може виробляти тепло, виробляти електроенергію або викликати хімічні реакції. Загальна доступність і

можливість використання сонячної енергії на Землі значно перевищує поточні та прогнозовані енергетичні потреби світу.

Кілька причин свідчать про те, що використання сонячної енергії може бути дуже корисним для майбутнього. По-перше, це відновлюване та легкодоступне джерело енергії, яке Сонце випромінює з високою швидкістю ($3,8 \times 10^{23}$ кВт), значна частина якої доступна на Землі ($1,8 \times 10^{14}$ кВт). По-друге, енергія Сонця практично невичерпна і тому надає багато можливостей як джерело енергії. По-третє, використання та моніторинг сонячної енергії не має шкідливого впливу на екосистему. По-четверте, систему виробництва сонячної енергії можна ефективно використовувати в міській і сільській місцевості, в промислових і побутових умовах, тому що вона легкодоступна і зручна при правильному монтажі. Ці характеристики показують, що правильне використання сонячної технології в майбутньому буде найкращим варіантом, щоб уникнути небажаних наслідків для навколишнього середовища, а також виникнення дефіциту енергії.

Існують три сонячні технології, які використовують сонячну енергію: фотовольтаїка, сонячне нагрівання та охолодження та концентрація сонячної енергії. При правильному використанні це високорозсіяне джерело може покрити всі майбутні потреби в енергії. Оскільки це дуже широке поле досліджень [7,8].

2.2 Основи фотоелектричної техніки

Метою фотоелектричної технології є перетворення сонячного світла безпосередньо в електрику без інтерфейсу для перетворення. Це обладнання є простим за конструкцією та зручним у використанні. Крім того, невелика кількість може призвести до значних результатів. Тим не менш, таку систему потрібно просувати для досягнення більш високих результатів.

Фотоелектрична сонячна батарея є базовою одиницею фотоелектричної системи і складається з двох тонких шарів різних напівпровідникових матеріалів,

які є єдиними матеріалами, які поглинають енергію фотонів від сонячного світла. Один є позитивним (Р-типу), а інший є негативним (N-типу) напівпровідником. Кремній найчастіше використовується для виготовлення сонячних фотоелементів через його придатність та ефективність. Кремній може бути мікрокристалічним, полікристалічним або монокристалічним. Однак, крім кремнію, у фотоелектричних системах можуть бути використані й інші матеріали для проектування напівпровідників, такі як: кадмій-телурид та мідь-індій-диселенід (рис. 2.1).

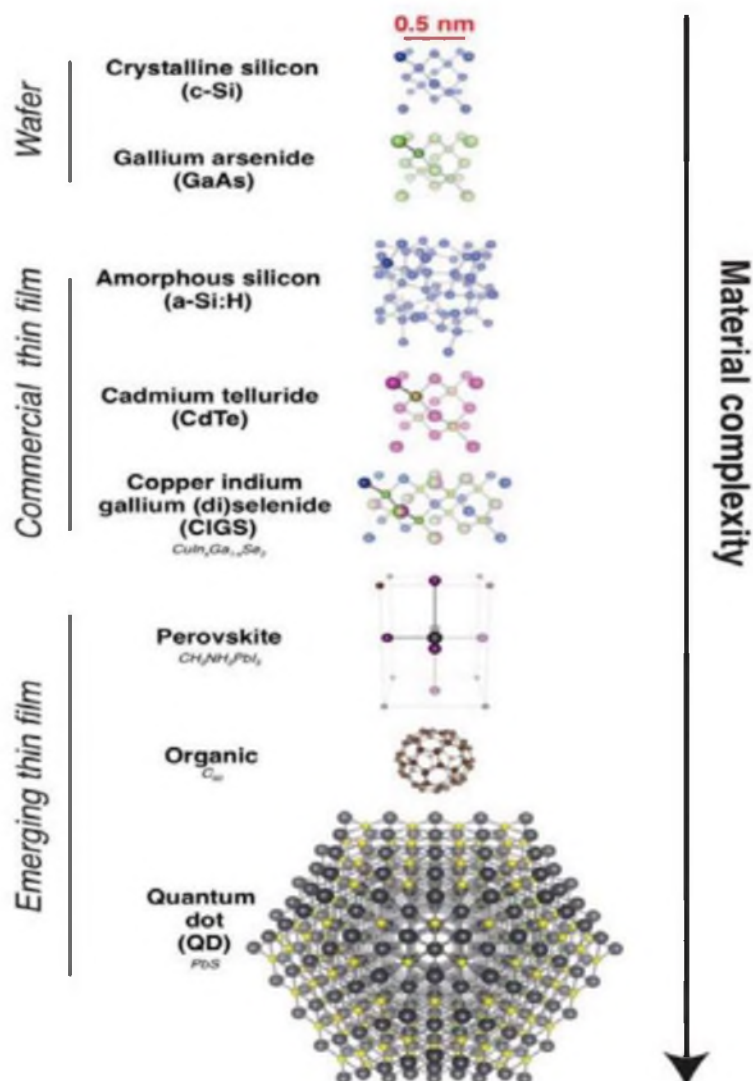


Рисунок 2.1 – Класифікація фотоелектричних технологій на основі складності матеріалу

Який матеріал буде використаний, залежить від кількох факторів. Напівпровідники Р-типу виготовляються з кристалічного кремнію, легованого дуже малою кількістю домішки (наприклад, бору), що робить матеріал дефіцитом електронів. Напівпровідники N-типу також складаються з кристалічного кремнію, але легованого невеликою кількістю іншої домішки (наприклад, люмінофору), тому ці матеріали мають надлишок вільних електронів (рис. 2.2).

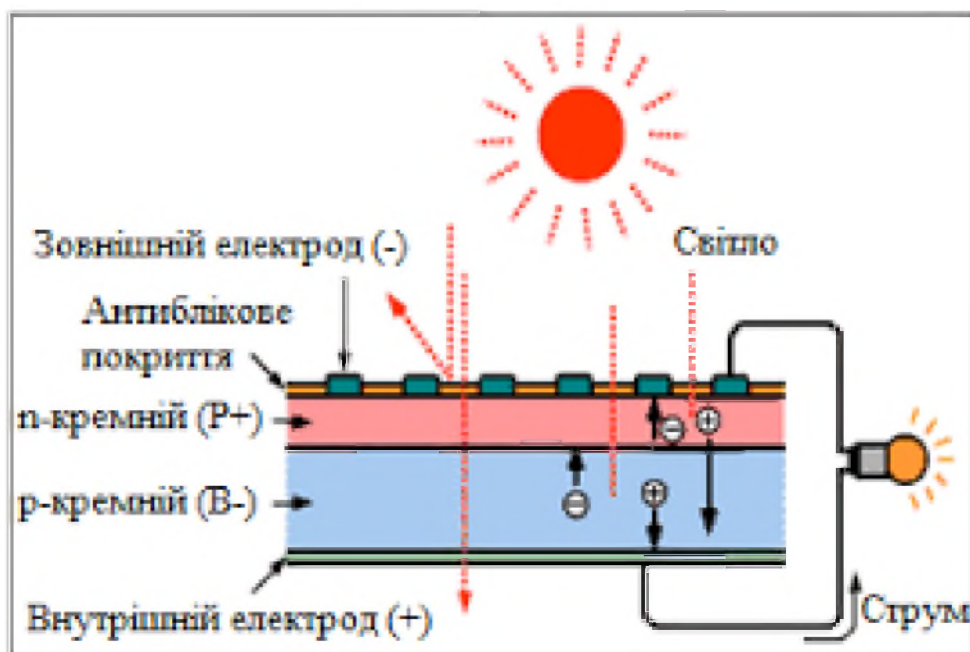


Рисунок 2.2 – Схема сонячної батареї

Принцип фотоелектричної системи полягає в тому, що шляхом додавання енергії електрони активуються в напівпровіднику. А саме, при додаванні енергії сонячного світла електрони фотоелектричної системи активуються і переходять з нижчого енергетичного стану в більш високий. Це призводить до генерації електрики в напівпровіднику (рис. 2.3).

Завдяки фотоефекту електрон вивільняється, коли сонячне світло досягає сонячного елемента. У сонячному елементі є два напівпровідники з різною напругою (потенціалом). Електрони проходять через зовнішню ланцюг, забезпечуючи живлення навантаження.

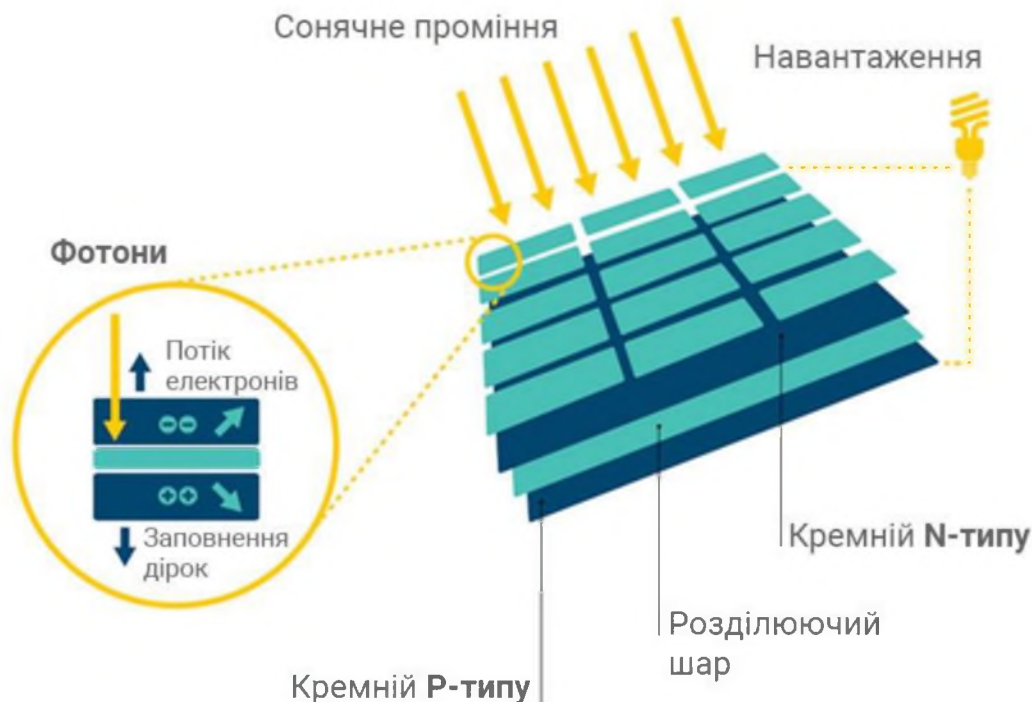


Рисунок 2.3 – Схема генерації сонячної батареї

Фотоелектрична система складається з кількох частин, таких як фотоелементи, електричні та механічні вузли, а також засоби для зміни або/і регулювання електричної потужності. Фотоелектричні системи класифікуються за «піковими кіловатами» ($\text{кВт}_{\text{п}}$). «Пікові кіловати» — це кількість електроенергії, яку фотоелектрична система видає в умовах ясного дня, коли сонце знаходиться прямо над головою.

Електрика, вироблена фотоелектричною технологією, подається в мережу. Таким чином підвищується ефективність мережевих систем. Електропостачання за допомогою цієї системи можливе двома способами:

- 1) від мережі до будинку користувача;
- 2) від будинку користувача до мережі.

Ці способи використання роблять цю сонячну систему дуже корисною та легкою у застосуванні. Система працює, спочатку встановлюючи сонячні панелі в будинку користувача та підключаючи їх до електричної мережі. Сонячні панелі перетворюють сонячну енергію в постійний струм. Ця електрика потім

направляється в сонячний інвертор, який перетворює постійний струм у змінний струм (АС). Від цього змінного струму живляться електроприлади в будинку споживача. Ця електроенергія, також подається в мережу і, таким чином, доступна для щоденного використання. Оскільки таким чином загальна вироблена енергія, як правило, набагато перевищує необхідну домогосподарству, сонячний перетворювач регулює напругу та кількість електроенергії, що подається на домашнє господарство. Мережевий лічильник є важливою особливістю. Це інструмент, який лікує перетікання електричної енергії, що постачається в мережу, і споживається споживачем чи об'єктом. Мережний лічильник – це інструмент, який реєструє перетікання споживання та генерації електричної енергії, що постачається в мережу.

Близько 90% електроенергії виробляється фотоелектричною системою, яка підключена до мережі. Ця мережева система може бути встановлена на дахах або стінах будівель, а також на поверхні землі. Термін придатності варіюється в залежності від технічного обслуговування та умов використання фотоелектричних елементів та комутаційного обладнання. Може функціонувати розроблений фотомодуль до 25 років з потужністю 80% і 10 років з потужністю 90 % [7-9].

2.3 Ефективність фотоелектричних панелей

Фотоелектричні панелі можуть бути неефективними для збору всієї доступної сонячної енергії через коливання сонячного потоку. Для збільшення кількості зібраної доступної сонячної енергії застосовується так звана «концепція сонячного стеження». Одноосьовий і двовісні сонячні системи відстеження можуть бути застосовані в «концепції сонячного стеження» (рис. 2.4).

Трекер – це пристрій, який збільшує зібрану сонячну енергію, у денний час утримуючи теплові фотоелектричні модулі в оптимальному положенні – перпендикулярно сонячному випромінюванню. Концентрація доступної

сонячної радіації пов'язана з сонячними трекерами та фотоелектричними модулями відповідно до руху сонячної енергії для отримання значної сонячної енергії, ніж фіксовані фотоелектричні модулі [8].

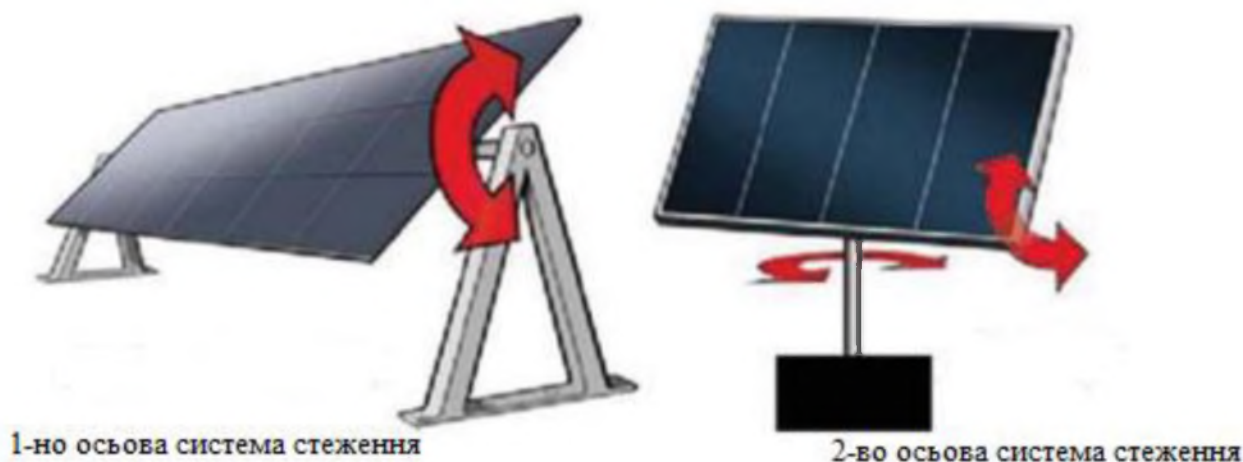


Рисунок 2.4 – Одноосьова і двоосьова системи сонячних батарей

2.4 Гібридне фотоелектричне виробництво електроенергії

Гібридні системи живлення можна використовувати у випадках, коли фотоелектричні модулі мають труднощі з генеруванням постійної потужності для споживання. Ця система поєднує одне відновлюване джерело енергії (наприклад, фотоелектричну систему) з іншими видами генерації відновлюваної енергії (наприклад, вітром), навіть у формі звичайного генератора, що працює на дизельному паливі (рис. 2.5). У цьому випадку використання гібридних систем знижує споживання невідновлюваних видів палива та забезпечує підвищення надійності та енергоефективності системи постачання електричної енергії. Гібридні системи можуть бути позитивно інтегровані, щоб забезпечити стабільність енергосистеми, не порушуючи повсякденної діяльності побутових секторів [10].

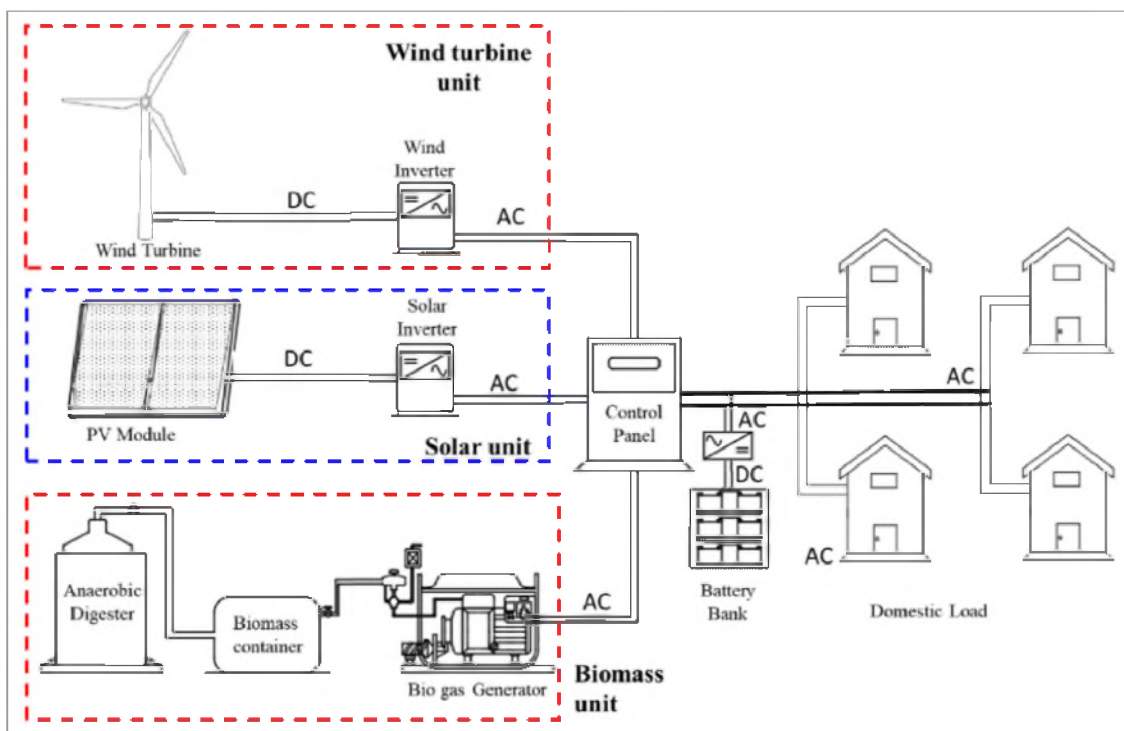


Рисунок 2.5 – Гібридна система забезпечення електричною енергією

2.5 Бар'єри сонячної промисловості

Незважаючи на те, що сонячна індустрія швидко розвивалася в останні роки, все ще потрібно подолати деякі значні перешкоди.

По-перше, сонячна фотоелектрична технологія є дорогою і складною, а також вимагає передових технологій для виробництва та встановлення. А саме, фотоелектрична система має високі капітальні витрати в порівнянні з іншими звичайними джерелами енергії. Тому оптимізацію фотоелектричної системи необхідно проводити з точки зору правильного вибору кількості фотоелектричних модулів, ємності перетворювача та акумулятора, а також вітрогенератора та розміру дизель-генератора.

По-друге, на ефективність сонячних панелей сильно впливає ряд факторів навколишнього середовища, зокрема інтенсивність сонця, хмарність.

По-третє, низька обізнаність про потенційні переваги сонячної промисловості, особливо серед сільської місцевості населення у всьому світі, тому що рівень їх обізнаності в цьому напрямі дуже низький.

По-четверте, на розвиток проектів сонячної енергетики впливає конкуренція з інших ринків і блокує її розвиток.

По-п'яте, сонячні батареї в основному складаються з матеріалів, токсичних для навколишнього середовища, що є проблемою для користувачів і виробників сонячної енергії.

По-шосте, вироблення сонячної енергії не є стабільною. Тому поєднання інших джерел енергії в електричні системи дуже важливо для підтримки постійного живлення.

По-сьоме, великі фотоелектросистеми можуть спричинити небажаний вплив на навколишнє середовище (наприклад, птахи можуть загинути під час польоту).

По-восьме, для охолодження та очищення турбогенераторів використовується величезна кількість води. Це призводить до втрати води та утворення великої кількості стічних вод.

Незважаючи на ці проблеми, зростаюча залежність від сонця та різних видів відновлюваної сили має стати нашою основною метою в майбутньому. Сьогодні дослідники працюють із надмірною швидкістю, щоб подолати ці проблеми та підвищити ефективність виробництва [7,10].

2.6 Перспективи розвитку систем альтернативної генерації

Деякі проблеми суттєво впливають на продуктивність фотоелектричної системи, розглянемо їх докладніше:

1) обробка даних може бути проблемою у впровадженні фотоелектростанцій. Звичайна технологія не в змозі контролювати велику кількість даних, що генеруються зі збільшенням сонячних електростанцій. Тому необхідно розробити потужну систему, здатну контролювати велику кількість даних в режимі реального часу.

2) безпека є важливим аспектом бездротової системи моніторингу. Погана безпека може поставити під загрозу функціональність системи. Повинні бути

забезпечені захист, конфіденційність, а також дотримання протоколів безпеки.

3) можуть виникнути проблеми з перешкодами сигналу. Це може спричинити проблеми з моніторингом даних сонячної фотоелектричної системи. Перешкоди сигналу можуть призвести до уповільнення передачі даних, поганої роботи модуля, а також до низької потужності сигналу та відключення. Все це знижує якість обслуговування та збільшує втрату прибутку.

4) енергоефективність фотоелектричної системи залежить від терміну служби батареї. А саме, сонячна генеруюча система складається з кількох вузлів передачі. Несправність батареї кожного вузла призводить до скорочення терміну служби фотоелектричної мережі.

5) операційна система та мова програмування повинні бути зручними для користувача.

6) діапазон передачі даних повинен відповідати конкретній фотоелектричній системі. Це особливо важливо для системи, де відстань між двома найвіддаленішими фотомодулями можуть бути в декількох кілометрах один від одного. Платформа передачі даних на великі відстані не повинна страждати від низьких швидкостей передачі.

7) вплив навколишнього середовища на фотоелектричну систему (наприклад, пил, температура, радіація, вологість) дуже важливий для правильного функціонування системи. З ними слід поводитися дуже обережно під час встановлення фотоелектричних панелей на відкритому навколишньому середовищі. Наприклад, осадження пилу зменшує інтенсивність сонячного світла, що вловлюється сонячними елементами на фотоелектричній панелі.

8) на точність модуля передачі можуть впливати різні електромагнітні та радіосигнали. Тому слід розробити сумісні щит-модулі, інтегровані з платами передачі даних.

9) ефективність різних технологій сонячних батарей різна і суттєво залежить від речовини, з якої вони виготовлені (наприклад, монокристалічний

кремній, полікристалічний кремній, аморфний кремній, тонкоплівковий дисульфід міді, гетероперехід, що містить тонка плівка). Тому відповідна технологія сонячних батарей повинна бути обраними для досягнення оптимальної ефективності.

Оскільки розмір і застосування сонячних фотоелектричних систем збільшуються, у майбутньому ми повинні працювати над покращенням обробки даних, підвищенням ефективності, безпеки та дальності передачі, а також зменшенням перешкод сигналу. А саме, треба намагатися уникати всіх дев'яти згаданих вище проблем. Фактично, в майбутньому слід докласти зусиль для розробки надійної сучасної системи моніторингу бездротової мережі [7-10].

3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОМИСЛОВОГО ОБ'ЄКТА

3.1 Аналіз наданих даних для підвищення

За наданими даними та характеристиками електричного обладнання накреслено спрощену однолінійну схему електрозабезпечення цехового електрообладнання промислового об'єкта (рис. 3.1).

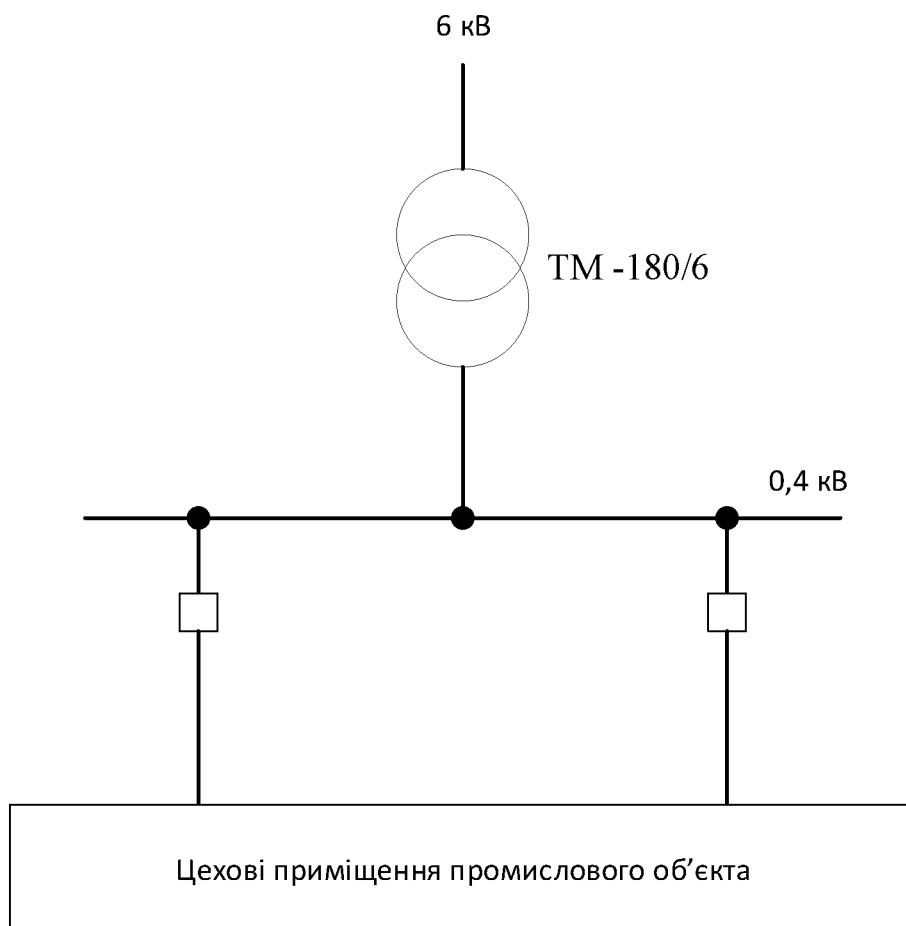


Рисунок 3.1 – Однолінійна схема електропостачання промислового об'єкта

Основними даними для розрахунку є двообмотковий трансформатор ТМ–180/6, що є понижуючим трансформатором від номінальної вищої напруги 6 кВ до напруги, що викоритовується на підприємстві, а саме 0,4 кВ. Параметри даного трансформатора наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Параметри трансформатора до однолінійної схеми (рис.3.1)

Тип трансформатора	S_H кВА	Каталожні дані						Розрахункові дані				
		U_H обмоток кВ		U_{K3}	P_{K3}	P_{HX}	I_{HX}	R	X	g	b	Q_{HX}
		ВН	НН	%	кВт	кВт	%	Ом	Ом	мкСм	мкСм	кВАр
ТМ -180/6	180	6,3	0,23; 0,4; 0,525	1,0	4,0	6	5,5	4,90	11,1	25,2	272,1	10,8

Також, надано добовий графік навантаження промислового об'єкта погодинно. Таким чином, ми розробимо гістограму даного графіку навантаження, який наведено на рис.3.2.

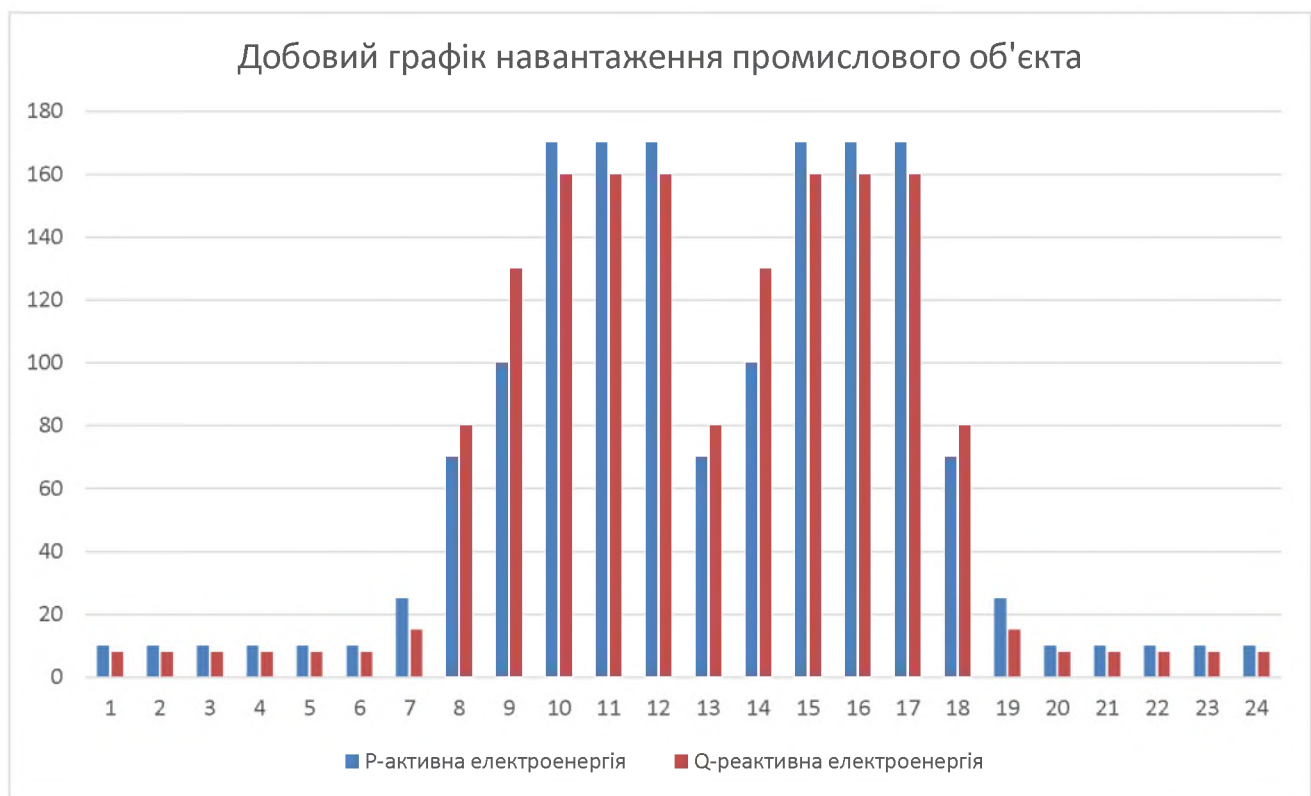


Рисунок 3.2 – Добовий графік споживання активної та реактивної електричної енергії підприємства

Біля підприємства знаходиться не займана земельна ділянка площею 200 квадратних метрів, яку по можливості будуть використовувати для встановлення

іншого комплексу комутаційного обладнання (генераторів, компенсаторів реактивної потужності) або відновлювальних джерел енергії.

3.2 Характеристики трансформаторної підстанції

На знижувальних підстанціях можливе встановлення одного, двох і більше трансформаторів. Вирішення цього питання в основному визначається наявністю споживачів підвищених категорій та техніко-економічним порівнянням варіантів.

Однотрансформаторні підстанції проектують за:

- а) живлення невідповідних споживачів третьої категорії за умови, що заміна пошкодженого трансформатора або його ремонт провадиться протягом не більше однієї доби;
- б) живлення споживачів другої категорії за наявності централізованого пересувного трансформаторного резерву чи іншого резервного джерела;
- в) невеликої потужності споживачів першої категорії та наявності резервних джерел за ПН.

Застосування однотрансформаторних підстанцій має місце у мережах напругою 35-110 кВ, на напругу 220 кВ та вище одне – трансформаторні підстанції, як правило, можуть розглядатися лише як черга підстанцій з подальшою установкою ще одного і більше відповідно до динаміки зростання навантаження.

Найчастіше на підстанціях встановлюються два трансформатори. В цьому випадку при правильному виборі потужності трансформаторів забезпечується надійне живлення навіть при аварійному відключенні одного із трансформаторів.

Встановлення трьох і більше трансформаторів можливе на підстанціях промислових підприємств у тих випадках, коли поштовхове навантаження необхідно виділити окремий трансформатор. На великих вузлових підстанціях можливе встановлення трьох-чотирьох трансформаторів, якщо потужність двох трансформаторів за існуючою шкалою виявляється недостатньою.

Номінальна потужність кожного трансформатора дво-трансформаторної підстанції, зазвичай, визначається аварійним режимом роботи підстанції; при встановленні двох трансформаторів потужність кожного з них має бути такою, щоб при виході з ладу одного з них, що залишився в роботі трансформатор із допустимим аварійним навантаженням міг забезпечити нормальне електропостачання споживачів першої та другої категорій. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) дозволяють перевантаження трансформаторів понад номінального значення на 40% на час загальною тривалістю не більше 6 годин на добу протягом 5 діб поспіль при коефіцієнті заповнення графіка навантаження не вище за 0,75. Повне навантаження при нормальному режимі роботи трансформатора розраховується за нерівністю:

$$0,5 \leq K_{\text{зав}} = \frac{S_{\text{нав.сер.}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном}}} \leq 0,75$$

$$0,5 \leq \frac{93,61}{1 \cdot 180} = 0,52 \leq 0,75$$

де: $K_{\text{зав}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора при нормальному режимі роботи;

$S_{\text{нав.сер.}}$ – середнє розрахункове значення навантаження трансформатора при нормальному режимі роботи за добу;

$n_{\text{тр}}$ – кількість паралельно працюючих трансформаторів в схемі електрозабезпечення;

$S_{\text{ном}}$ – номінальне навантаження трансформатора з паспортних даних.

Таким чином, розрахуємо середнє навантаження за добу, що перетікає через трансформатор за формулою:

$$S_{\text{нав.сер.}} = \frac{S_1 \cdot t_1 + \dots + S_n \cdot t_n}{t_1 + \dots + t_n}, \text{кВА}$$

де: S_n – навантаження, що споживається обладнанням при роботі на підприємстві за годину;

t_n – кількість годин трансформатора під навантаженням.

Щоб не захарашувати розрахунки проведемо їх за допомогою програми Microsoft Excel, таким чином отримуємо:

$$S_{\text{нав.сер.}} = 93,83 \text{ кВА}$$

Після такого розрахунку бачимо, що трансформатор встановлено за принципом середнього навантаження вірно, але розглянемо максимальне навантаження під яким знаходиться трансформатор в пікові години.



Рисунок 3.3 – Графік погодинного навантаження

В нашому випадку за графіком (рис. 3.3) можливо помітити, що в пікові години трансформатор працює в режимі перевантаження.

Перевірка трансформатора за режимом перевантаження знаходиться за таким співвідношенням:

$$0,75 \leq K_{\text{зав.макс.}} = \frac{S_{\text{нав.макс.}}}{n_{\text{тр}} \cdot S_{\text{ном}}} \leq 1,4$$

$$0,75 \leq \frac{233,5}{1 \cdot 180} = 1,3 \leq 1,4$$

де: $K_{\text{зав.макс.}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора в режимі перевантаження при максимальному навантаженні;

$S_{\text{нав.макс.}}$ – максимальне розрахункове значення навантаження трансформатора при нормальному режимі роботи за добу;

Проаналізувавши завантаження трансформатора ТМ–180/6 в системі електропостачання промислового об’єкта з цеховим обладнанням, що працює в режимах перевантаження, можливо запропонувати підвищити енергоефективність такої малої системи розподілу за допомогою встановлення в мережу додаткового джерела енергії, а саме сонячної електростанції.

3.3 Розрахунок сонячної електростанції

Для встановлення сонячної електростанції на площі потрібно підібрати обладнання, яке буде встановлене в комплекті:

- тип фотомодульної системи;
- тип інвертора;
- загальна характеристика підключення сонячної електростанції до мережі для паралельної роботи, тобто проведення синхронізації.

Насамперед обираємо сонячну панель, особливу увагу звертаємо на монокристалічний тип, бо він є найбільш ефективним та економічним під час використання в роботі електричних фотомодульних систем. Таким чином, розглянемо сонячну панель SunPower MAX3-400-RES.

Сонячні модулі SunPower (США) MAX3-400-RES сьогодні є одними з найкращих пристроїв для виробництва електроенергії на ринку альтернативної енергетики. Вони мають багато функціональних і технічних переваг, які впливають з особливого дизайну фотоелектричних модулів і продуманої конструкції кожного з їх елементів.

Елементи сонячних модулів SunPower MAX3-400-RES не ламаються під впливом механічних факторів і стабільно працюють у найскладніших умовах. Такі монокристалічні пристрої захищені від витoku струму при високій вологості. Вони легко витримують динамічні навантаження.

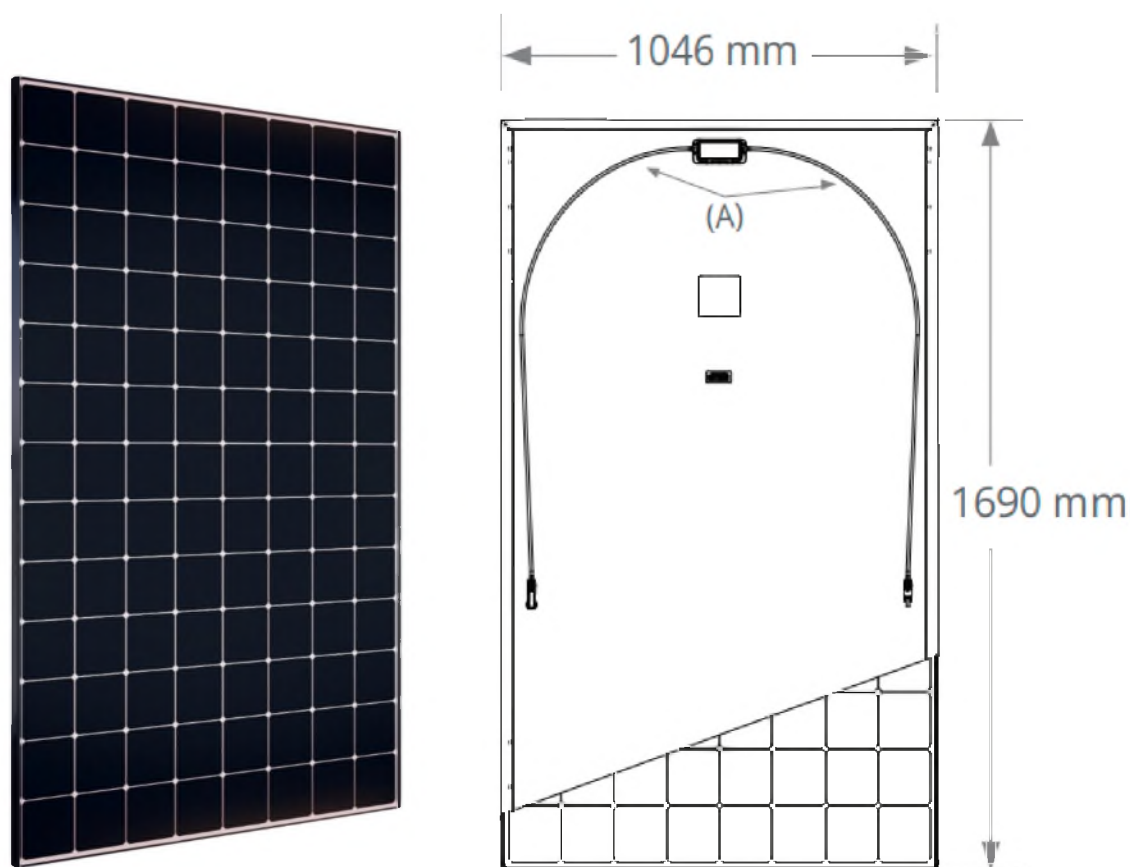


Рисунок 3.4 – Фото сонячної панелі SunPower MAX3-400-RES

Таблиця 3.2 – Параметри та характеристики сонячної панелі

Мінімальна робоча температура	-40 град.
Ступінь захисту IP	65
Матеріал рамки	Алюміній
Напруга холостого ходу	75,6 В
ККД, не менше	22,6 %
Максимальна робоча температура	85 град.
Країна виробник	США
Напруга при максимальній потужності	65,8 В
Потужність	400 Вт
Струм короткого замикання	6,58 А
Виробник	SunPower
Струм при максимальній потужності	6,08 А
Кількість елементів	104 шт.
Тип панелі	Монокристалічна
Товщина	40 мм
Ширина	1046 мм
Довжина	1690 мм
Вага	19,0 кг
Температурний коефіцієнт напруги	-0.133 %/°C
Температурный коэффициент мощности	-0.29 %/°C

Проведемо розрахунок приблизної кількості фотомодулів, які розміщуються на площі:

$$n_{\text{с.п.}} = \frac{S_{\text{з.д.}}}{S_{\text{с.п.}}} = \frac{200}{1,768} = 113 \cong 110 \text{ шт.}$$

де: $S_{\text{з.д.}}$ – площа земельної ділянки для встановлення сонячних панелей;

$S_{\text{с.п.}}$ – площа 1-ї сонячної панелі.

Максимальна потужність сонячних панелей при сонячній інсоляції 1000 Вт на 1 м² становить:

$$P_{max} = n_{с.п.} \cdot P_s = 110 \cdot 0,4 = 44 \text{ кВт}$$

де: P_s – максимальна потужність, що задана виробником для даної панелі.



Рисунок 3.5 – Графік порівняння навантаження з встановленням в мережу сонячного джерела генерації

Таким чином, помічаємо, що пікові години при перевантаженні трансформатора (рис.3.5) збігаються з генерацією електричної енергії сонячної електростанції. Ця енергія буде потрапляти до мережі, підвищуючи пропускну здатність трансформатора та надійність електропостачання.

А також, така генерація зменшить кількість споживаної активної електричної енергії на 31%, що дозволить підприємству економити на електричній енергії.

Далі проводимо вибір перетворювальної техніки, тобто інвертора, що буде працювати в системі електропостачання. В нашому випадку найбільш підходящим варіантом є інвертор Altek AKSG-50K-TM. Наведемо його

характеристики в табл. 3.3. Його основна функція підключення додаткової активної потужності в систему промислового об'єкта в пікові години навантаження.

Таблиця 3.3 – Мережевого інвертора Altek AKSG-50K-TM

Висота	1000 мм
Ширина	636 мм
Вага	67 кг
Довжина	260 мм
Ступінь захисту IP	65
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Номінальний струм	36 А
ККД, не менше	98,6 %
Частота	50 Гц
Перевантажувальна здатність	120%
Число фаз живлення	3
Номінальна потужність	50000 Вт
Мінімальна робоча температура навколишнього середовища	-25 град.
Максимальна робоча температура навколишнього середовища	60 град.
Номінальна вихідна напруга	380~400 В
Рівень шуму	40 дБ
Номінальна вхідна напруга	620 В
Допустима пікова потужність	56000

Трифазний мережевий інвертор Altek AKSG-50K-TM потужністю 50 кВт призначений для промислових сонячних електростанцій. Може використовуватися в установках «зеленого» тарифу. Пристрій являє собою

перетворювач, який адаптує електроенергію, вироблену сонячними панелями, для живлення загальної мережі або споживача, у нашому випадку цехового електрообладнання. Це «мозковий центр» кожної фотоелектричної системи: він контролює та оптимізує її роботу, підвищуючи енергоефективність цієї технологічної системи [11,12].

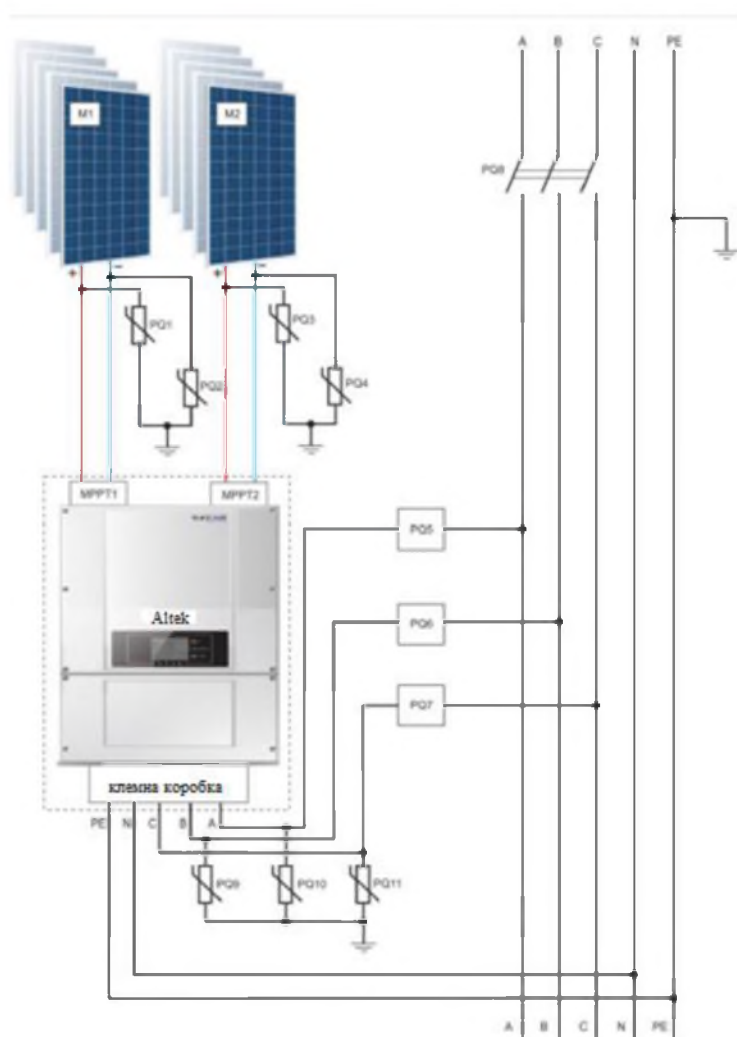


Рисунок 3.6 – Схема під'єднання сонячної електростанції до трифазної мережі підприємства

3.4 Модель сонячної електростанції в системі прикладних програм Matlab (Simulink)

Для розробки моделі сонячної електростанції, що підключається до електричної мережі скористаємося готовим проектом з бібліотеки Matlab

(Simulink), а саме моделью 250-kW Grid-Connected PV Array. Ця модель дозволить нам розглянути основні параметри нашої досліджуваної електричної системи з додатковою генерацією за допомогою альтернативного джерела живлення.

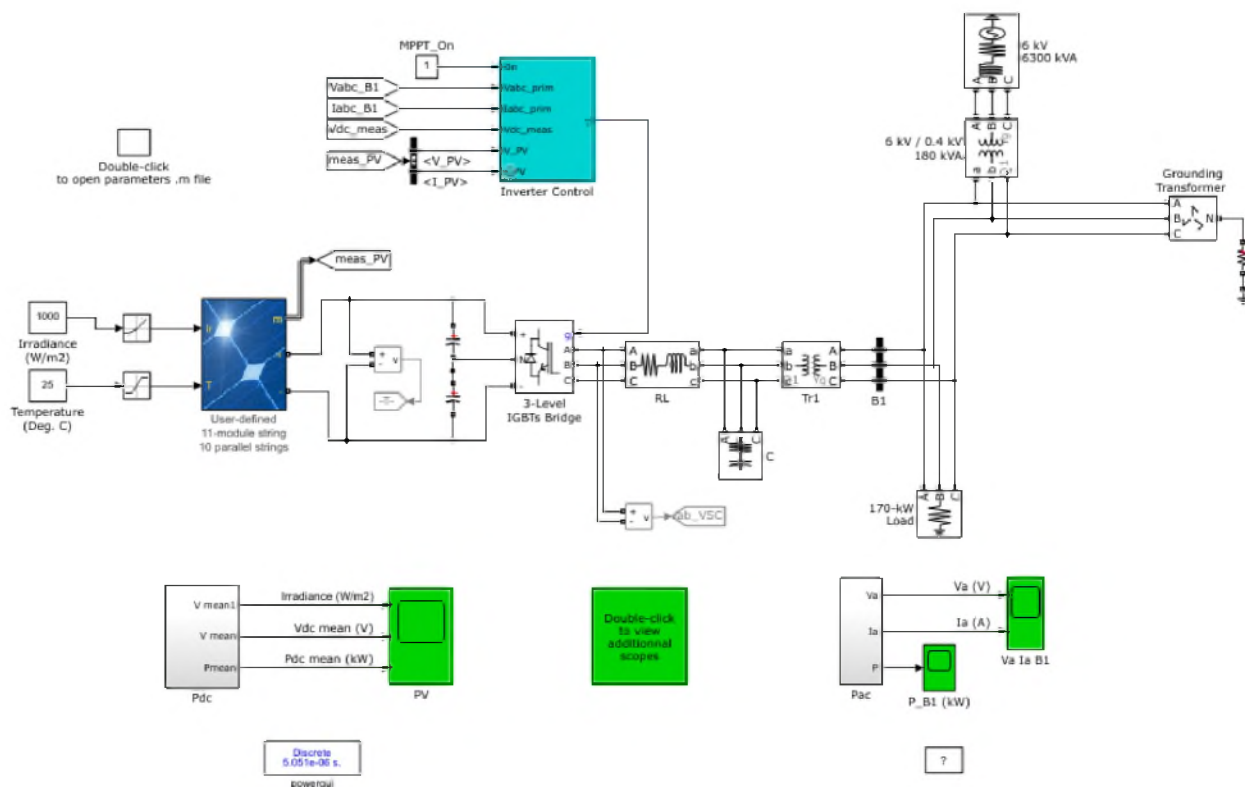


Рисунок 3.7 – Блок-схема електричної мережі з фотоелектричною станцією

Таким чином, підставляємо наші параметри сонячного фотоелемента до блоку PV Array, що підраховує автоматично вихідну потужність сонячної панелі. Також, встановлюємо кількість паралельних рядів фотоелементів та послідовних, в нашому випадку встановлюємо 10 паралельних та 11 послідовних сонячних панелей.

Після цього ми можемо проаналізувати залежність потужності фотоелектростанції за потужністю інсоляції на поверхню сонячної панелі (рис. 3.8). Розглянути залежність генерації електричної енергії від температури навколишнього середовища (рис.3.9).

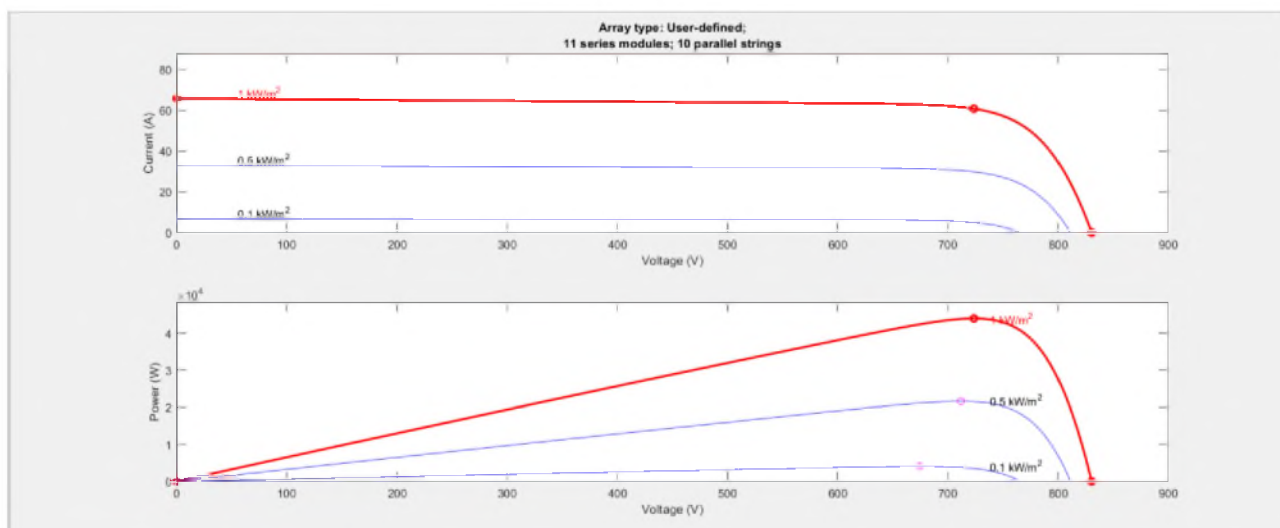


Рисунок 3.8 – Залежність потужності та струму сонячної електростанції від сонячної інсоляції

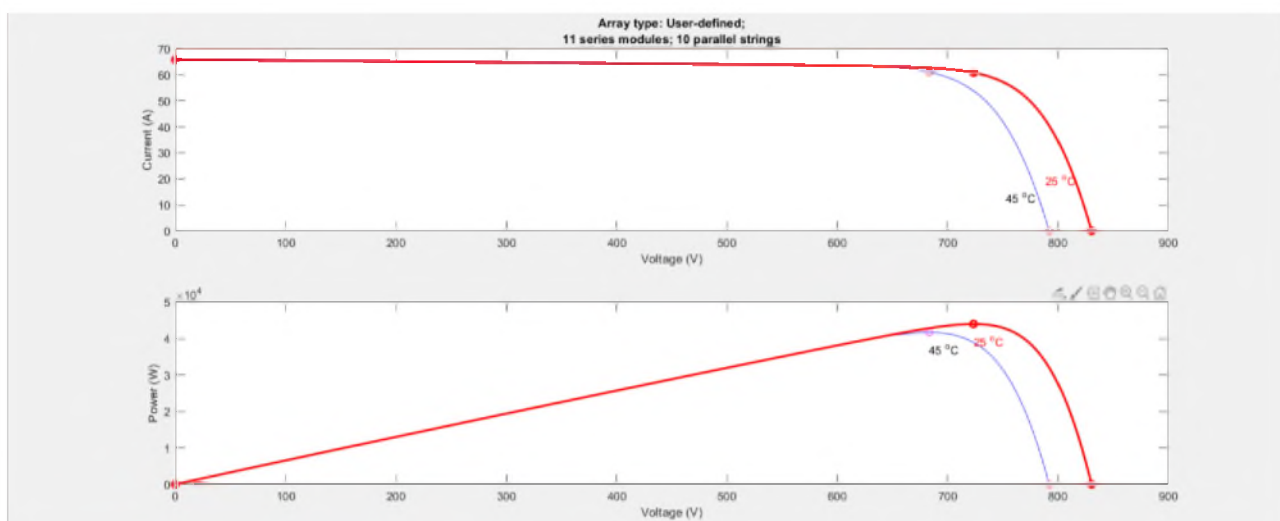


Рисунок 3.9 – Залежність потужності та струму сонячної електростанції від температури навколишнього середовища

Проаналізувавши окремо параметри та характеристики сонячної електростанції помічаємо, що вихідна потужність та струм сходяться з розрахунковими та паспортними даними, які були надані для проектування фотоелектричної генеруючої підстанції.

Перейдемо до моделювання сонячної енергостанції в системі електропостачання (рис. 3.10) та отримуємо наступні осцилограми щодо характеристик та вихідних параметрів сонячної електростанції.

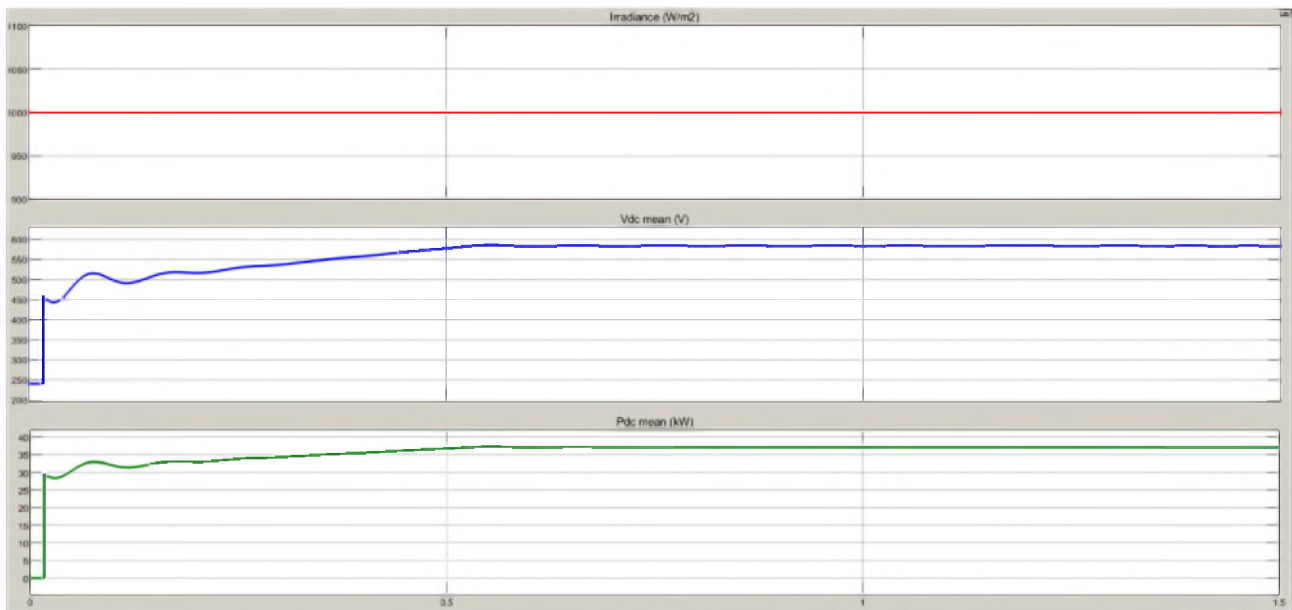


Рисунок 3.10 – Осцилограми вихідних параметрів СЕС

Таким чином, після аналізу осцилограми за рис. 3.10 бачимо як проходить насичення фотоелектричних елементів сонячної електростанції, а саме:

- 1) характеристики напруги в сонячній електростанції, що становить 590 В при максимальній генерації;
- 2) характеристики вихідної максимальної потужності з урахуванням ККД на перетворення сонячної енергії в електричну енергію та становить близько 37 кВт.

Також, розглянемо характеристичну осцилограму вихідної потужності при підключенні альтернативного джерела енергії в систему забезпечення електропостачання (рис. 3.11).

Помітно великі коливання амплітуди потужності, що зумовлені обуренням енергосистеми при підключенні в систему додаткової генеруючої потужності. Бачимо, як з часом потужність переходить до номінального значення та встановлюється на одному рівні, що характеризує синхронізацію роботи електричної мережі з сонячної електростанцією [13-16].

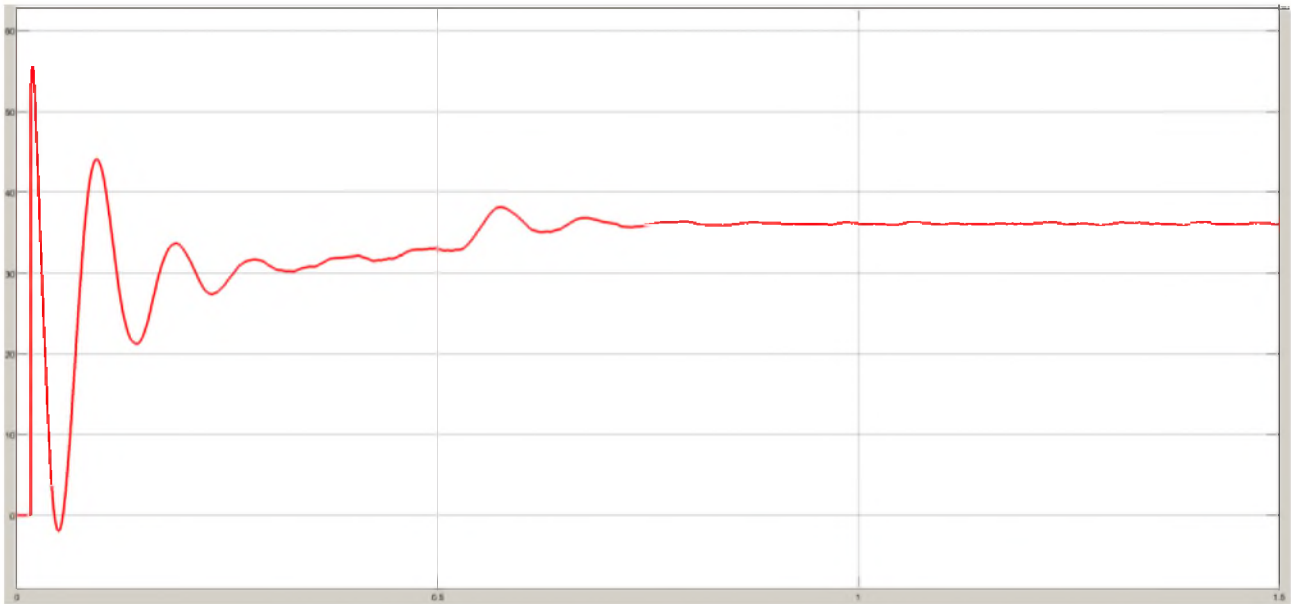


Рисунок 3.11 – Осцилограма перехідного процесу при підключенні сонячної електростанції до мережі

Таким чином, після аналізу вихідних параметрів системи електропостачання промислового об'єкта та перехідних характеристик можливо сказати, що модель в цілому показала реалістичні виміри та фізико-технічні дані, тому її достатньо для дослідження та проектування такого роду електрогенеруючих установок.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломної роботи були виконані наступні завдання:

1) проведено аналіз методів підвищення енергоефективності електричної мережі для надійності та безперебійної роботи енергосистем постачання промислових підприємств;

2) розглянуто основні характеристики та принципи впровадження відновлювальних джерел енергії для електропостачання на прикладі сонячних фотогенеруючих станцій;

3) виконано аналіз та проведено модернізацію щодо підвищення енергоефективності та функціонування ділянки системи електроживлення.

Таким чином, в роботі було наведено вирішення технічної модернізації ділянки електричної мережі, що працювала в режимі перевантаження основного двообмоткового трансформатора ТМ–180/6, а саме завантаження в пікові години було понад 130%. Така робота трансформатора спричинила б його вихід з ладу в найкоротший термін через неправильну технічну експлуатацію.

Завдяки впровадженню в систему електропостачання паралельно підключеного альтернативного джерела генерації, а саме сонячної електростанції, ми не тільки підвищили енергоефективність даної системи постачання, але й змогли підвищити економічну складову приблизно на 35% для дослідженого промислового об'єкту. Тому такий підхід модернізації електроенергетичних промислових об'єктів є прийнятним і заслуговує на реалізацію в інших інженерно-технічних проектах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лукутін Б.В., Муравльов І.О., Плотніков І.А. Системи електропостачання з вітровими та сонячними електростанціями: навчальний посібник / Б.В. Лукутін, І.О. Муравльов, І.А. Плотніков – Томськ: Вид-во Томського політехнічного університету, 2015. – 128 с.
2. Гужов, Н.П. Системи електропостачання: підручник / Н.П. Гужов, В.Я. Ольховський, Д.А. Павлюченко. – Новосибірськ: Вид-во НДТУ, 2007. - 258 с. («Підручники НДТУ»). – ISBN 978-5-7782-0916-9.
3. Краснянський, М.Є. Енергозбереження: навч. посіб. / М.Є. Краснянський. – вид. 2-е испр. та дод. – Київ: Кондор, 2021 . – 176 с. – ISBN 978-966-8391-47-7.
4. Сонячна енергетика : монографія / Й.С. Мисак, О.Т. Возняк, О.С. Дацько, С.П. Шаповал . — Львів : вид-во Львівської політехніки, 2014 . — 340 с. — ISBN 978-617-607-597-4.
5. Дудюк, Д.Л. Нетрадиційна енергетика: основи теорії та задачі : навч. посіб. / Д.Л. Дудюк, С.С. Мазепа, Я.М. Гнатишин . — Львів : Магнолія-2006, 2018 . — 188 с. — ISBN 978-966-2025-39-2.
6. Сегеда, М.С. Нетрадиційні та відновлювані джерела електроенергії : навч. посіб. / М.С. Сегеда, М.Й. Олійник, О.Б. Дудурич . — Львів : вид-во Львівської політехніки, 2019 . — 204 с. — ISBN 978-966-941-404-5.
7. Andjela B Stanojevic. Application of photovoltaic technology in the use of solar energy. – 5 р.р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.peertechzpublications.com/articles/AEST-5-144.pdf>
8. Віссаріонов В. І. Сонячна енергетика: навчальний посібник для вузів / В. І. Віссаріонов, Г. В. Дерюгіна, В. А. Кузнєцова, Н. К. Малінін / за ред. В. І. Віссаріонова. – Москва: Видавничий дім MEI, 2008. - 320 с.

9. Удалов Н. С. Відновлювані джерела енергії [Текст] / Н. С. Удалов. – Новосибірськ: Вид-во НДТУ, 2009. – 412 с.
10. Лукутін, Б. В. Відновлювана енергетика в децентралізованому електропостачанні: монографія [Електронний ресурс] / Б. В. Лукутін, О. А. Суржикова, Є. Б. Шандарова. – Москва: Енергоатоміздат, 2008. – 231 с. – ISBN – 978-5-283-03272-9.
11. Сонячні технології та енергозберігаючі системи. Продаж, монтаж, обслуговування. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://energosome.in.ua/p1357186880-solnechnaya-panel-sunpower.html>.
12. ECO TECH UKRAINE [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://eco-tech.com.ua/p773638837-altek-aksg-50k.html>
13. Бессель В.В., Кучеров В.Г., Мингалеева Р.Д. Изучение солнечных фотоэлектрических элементов: Учебно-методическое пособие. – М.: Издательский центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – 90 с.
14. Козюков Д. А. Моделирование характеристик фотоэлектрических модулей в Matlab/Simulink [Електронний ресурс] / Д. А. Козюков, Б. К. Цыганков – Режим доступу до ресурсу: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-harakteristik-fotoelektricheskikh-moduley-v-matlab-simulink>.
15. Бутаков С.В. Моделирование автономной фотоэлектрической системы в программной среде MATLAB Simulink / С.В. Бутаков, А.С. Червочков // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2019. – Т. 19, № 4. – С. 112–119.
16. Юсупов Д.Т., Юсупова Ф.Т. Моделирование работы фотоэлектрической системы малой мощности при помощи пакета Simulink // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 7(88).

ДОДАТОК А.

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Впродовж останніх років використання альтернативних джерел енергії для задоволення господарських потреб стало поширеним в багатьох європейських країнах. Варто відзначити, що на сьогоднішній день в Україні немає спеціального законодавства щодо використання сонячних батарей. Більш того, виробники новітніх екопристроїв самі дали відповідь на поставлене запитання - свої вироби вони пропонують прирівнювати до звичайних побутових електроприладів, що автоматично відкидає необхідність отримання будь-яких дозволів.

Перед початком роботи персоналу слід ознайомитись з наступними нормативними документами:

- «Правил улаштування електроустановок» (далі ПУЕ)
- «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕЕ)
- НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

Власник повинен забезпечити організацію експлуатації певного обладнання (розробити і затвердити виробничу інструкцію для персоналу, який обслуговує обладнання, забезпечити працівників цими правилами, інструкціями, що діють у межах підприємства, розробити і затвердити виробничу інструкцію для персоналу), призначити особу відповідальну за відповідне господарство та особу, яка буде її замінювати (окремих спеціалістів для кожної сфери).

Відповідальна особа забезпечує повний обсяг організаційних і технічних заходів з експлуатації. До проведення робіт та обслуговування обладнання допускаються лише спеціально підготовлені працівники, що мають необхідну кваліфікацію та яким виповнилось 18 років. Дані працівники повинні проходити інструктажі – вступний, первинний повторний, позаплановий, цільовий з записом у відповідному журналі. Працівники в процесі трудової діяльності проходять навчання – професійне, періодичне, щорічне. Перевірка знань

проводиться 1 раз на рік, а у відповідальній особи – 1 раз на 3 роки з питань техніки експлуатації електроустановок.

Для уникнення електротравм від контакту з струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях, до яких обмеженим доступом, або у металевих шафах;
- використовувати засоби для орієнтації в електроустаткуванні
- таблички, написи, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів електроживлення до споживачів здійснювати у закритих конструкціях у стінах та підлозі;

При підключенні однофазних споживачів струму до трифазної мережі при напругах до 1000 В необхідно використовувати нульовий захисний провідник. При пробі на корпус відбувається КЗ. В результаті цього спрацьовує система захисту від КЗ, що у свою чергу відключає пошкодженого споживача від мережі.

Згідно з нормативами, необхідно забезпечити кратність струму КЗ в залежності від типу запобіжника, а також необхідно забезпечити цілісність нульового захисного провідника.

Персонал, що обслуговує електроустановки та його обладнання, повинен мати необхідні засоби захисту. Перед застосуванням захисного спорядження персонал повинен перевірити їх справність, оглянути на відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити від пилу, перевірити дату наступної перевірки за штампом.

Використовувати засоби захисту, термін придатності яких сплинув, забороняється. Використовують основні та допоміжні засоби електрозахисту. Основними засобами електрозахисту називають засоби, ізоляція яких витримує робочу напругу протягом тривалого часу, що захищає персонал при дотику до струмопровідних частин, які підключені до мережі та знаходяться під напругою. До них відносяться: діелектричні рукавиці; ізолювальні штанги; інструмент з

ізолюваними ручками; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги.

Додатковими засобами електрозахисту називають засоби, які захищають персонал від напруги кроку, напруги дотику, попереджають персонал про можливу помилкову дію. До них належать: діелектричні килимки; діелектричні калоші; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки.

Роботи по обслуговуванню електричного обладнання.

При роботі, яка пов'язана з доторками до струмоведучих частин обладнання, необхідно на пусковому пристрої розмістити попереджувальний знак " ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ, НЕ ВМИКАТИ ".

Відключені комутаційні апарати напругою до 1000 В з неможливими для огляду контактами (рубильники в закритому виконанні, пакетні вимикачі, автоматичні вимикачі тощо) визначають перевіркою відсутності напруги та струму на їх затискачах або на шинах, проводах, які відключаються цими комутаційними апаратами. В електрообладнанні до 1000 В при роботі на збірних шинах розподільного пристрою, щитків напруга повинна бути знята та шини повинні бути заземлені (окрім шин, які виконані з ізолюваним проводом). Можливість та необхідність встановлення та приєднання на цих розподільчих пристроях, щитках, збірках і підключеного до них обладнання визначає спеціальний працівник, який видає розпорядження.

Відповідно до статті 11 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» експлуатація альтернативних джерел енергії на об'єктах альтернативної енергетики провадиться за умов:

- безпечного проведення робіт, здійснення державного нагляду за режимами споживання енергії;
- енергетичної безпеки, що гарантує технічне та економічне задоволення періодичних, поточних і перспективних потреб споживачів енергії;

- виконання технологічних вимог щодо виробництва, акумулювання, передачі, постачання та споживання енергії;
- додержання єдиних державних норм, правил і стандартів усіма суб'єктами відносин;
- додержання правил експлуатації об'єктів альтернативної енергетики, що регламентуються нормативно-правовими актами, обов'язковими для виконання всіма суб'єктами підприємницької діяльності.

Відповідно до статті 12 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» протиаварійний захист та забезпечення екологічної безпеки при використанні альтернативних джерел енергії здійснюються шляхом:

- запобігання аварійним ситуаціям і ліквідації їх наслідків на об'єктах альтернативної енергетики за рахунок додержання вимог та правил, встановлених відповідно до державних стандартів;
- створення умов для розвитку, підвищення технічного рівня, безпечної експлуатації та охорони об'єктів альтернативної енергетики згідно із законодавством;
- підтримки необхідного балансу потужності та якості енергії, виробленої з альтернативних джерел, для забезпечення надійного і безаварійного функціонування з об'єднаною енергетичною системою України;
- здійснення нагляду за впровадженням нових систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики, а також засобів зв'язку і диспетчерського (оперативно-технологічного) управління з енергетичними мережами України;
- здійснення нагляду за експлуатацією систем протиаварійної автоматики та захисту об'єктів альтернативної енергетики від несанкціонованого втручання.

Державний нагляд у сфері альтернативних джерел енергії здійснює спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади у відповідній сфері та інші органи у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

1. Загальні положення

1.1. Інструкція з охорони праці для електрика при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування розроблена відповідно до Закону України «Про охорону праці» (Постанова ВР України від 14.10.1992 № 2694-XII) в редакції від 20.01.2018 р, на основі «Положення про розробку інструкцій з охорони праці», затвердженого Наказом Комітету з нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 29 січня 1998 року № 9 в редакції від 01 вересня 2017 року, з урахуванням «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів», затвердженими наказом Міністерства па та енергетики 25.07.2006 р. № 258 (у редакції наказу Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 13.02.2012 р. №91, «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів»), затверджених наказом Держнаглядохоронпраці України від 09.01.1998 р. № 4.

1.2. Усі положення даної інструкції з охорони праці поширюються на електриків освітньої установи, які виконують роботи з ремонту та обслуговування електроустаткування.

1.3. До самостійного виконання робіт з ремонту та обслуговування електричного обладнання допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли навчання за фахом, а також:

- 1) медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я до виконання даної роботи;
- 2) вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці;
- 3) навчання безпечним методам та прийомам праці;
- 4) перевірку знань правил улаштування електроустановок, правил безпеки при експлуатації електроустановок, вимог охорони праці;
- 5) при ремонті та обслуговуванні електрообладнання напругою до 1000В мають групу з електробезпеки не нижче III, а понад 1000В - не нижче IV.

1.4. Електрику необхідно знати та виконувати вимоги інструкції з охорони праці під час виконання робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування,

інструкцій з роботи з ручним інструментом, електричним інструментом та стрем'янками.

1.5. Електрику при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування слід дотримуватися вимог Правил безпечної експлуатації електричних установок споживачів та Правил технічної експлуатації електричних установок споживачів, і мати відповідну групу з електробезпеки згідно з вимогами цих Правил.

1.6. Виконуючи роботи з ремонту та обслуговування електричного обладнання, може спостерігатися вплив нижчеперелічених шкідливих та небезпечних виробничих факторів:

- 1) падіння з висоти;
- 2) ураження електричним струмом;
- 3) підвищена напруженість електричного поля;
- 4) підвищена запиленість повітря робочої зони;
- 5) підвищений рівень вібрації;
- 6) недостатня освітленість робочої зони;
- 7) фізичні перевантаження;
- 8) нервно-психічні перевантаження.

1.7. Електрику при виконанні ремонту та обслуговування електроустаткування необхідно використовувати наведені нижче ЗІЗ:

- 1) напівкомбінезон бавовняний – на 12 місяців;
- 2) рукавички на – 3 місяці;
- 3) черевики шкіряні на - 24 місяці;
- 4) калоші діелектричні - чергові;
- 5) рукавиці діелектричні - чергові;
- 6) коврики діелектричні - чергові.

1.8. Електрик при ремонті та обслуговуванні електрообладнання зобов'язань:

- 1) тримати в чистоті та порядку своє робоче місце;
- 2) дотримуватися Правил внутрішнього трудового розпорядку;

3) вміти застосовувати засоби індивідуального, колективного захисту, засоби пожежогасіння;

4) вміти надавати першу допомогу потерпілим від нещасних випадків;

5) знати та виконувати всі вимоги нормативних актів з охорони праці, правил протипожежної захисту та виробничої санітарії.

6) негайно повідомляти свого безпосереднього керівника про будь-який нещасний випадок, що трапився на виробництві, про ознаки професійного захворювання, а також про ситуацію, яка створює загрозу життю та здоров'ю людей;

7) знати терміни випробування захисних засобів та пристосувань, правила експлуатації, догляду та користування ними. Не дозволяється використовувати захисні засоби та пристосування з простроченим терміном перевірки;

8) виконувати лише доручену роботу;

9) дотримуватися вимог інструкцій з експлуатації обладнання;

10) знати, де знаходяться засоби надання допомоги, первинні засоби пожежогасіння, головні та запасні виходи, шляхи евакуації у разі аварії або пожежі;

11) знати номери телефонів медичної установи (103) та пожежної охорони (101).

1.9. Електрик може відмовитися від виконання дорученої йому роботи, якщо виникла виробнича ситуація, яка становить загрозу для його життя і здоров'я оточуючих, або для довкілля, і доповісти про це своєму прямому керівнику.

1.10. На робочому місці заборонено курити, вживати алкогольні напої та інші речовини, що надають наркотичну дію на організм людини.

1.11. З метою запобігання отримання травм і виникнення травмонебезпечних ситуацій слід дотримуватися нижчеперелічених вимог:

1) не можна залучати до роботи сторонніх осіб;

2) не починати роботу у разі відсутності умов для її безпечного виконання;

3) виконувати роботу тільки на справному обладнанні, зі справними пристроями та інструментом;

4) виявивши несправність терміново доповісти безпосередньому керівнику або усунути їх власними силами, якщо це не відноситься до посадових обов'язків;

5) не торкатися неізолюваних чи пошкоджених проводів;

6) не виконувати роботу, яка не входить до професійних обов'язків.

1.12. Вміти надавати першу допомогу при кровотечах, переломах, опіках, ураженнях електричним струмом, раптовому захворюванні чи відруєнні.

1.13. Дотримуватися правил особистої гігієни:

1) верхній одяг, головний убір та інші особисті речі слід залишати у гардеробі;

2) працювати в чистій спецодязі;

3) приймати їжу у призначеному для цього місці.

1.14. Вміти правильно користуватися ЗІЗ та засобами колективної захисту, первичними засобами пожежогасіння, протипожежним інвентарем, знати, де вони знаходяться.

1.15. Особи, які порушили цю інструкцію з охорони праці для електрика при виконанні робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування, несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну та кримінальну відповідальність відповідно до чинного законодавства України.

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1. Одягнути спецодяг, провести огляд та підготовку робочого місця, прибрати лишні предмети.

2.2. Видалити із зони проведення робіт сторонніх осіб та звільнити робоче місце від сторонніх матеріалів та інших предметів, обгородити робочу зону та встановити знаки безпеки.

2.3. Переконатися у достатньому освітленні робочого місця, відсутність електричної напруги на відремонтованому обладнанні.

2.4. Оглянути на справність вимикачі, розетки електричної мережі, електровілок, електричних проводів, з'єднувальних кабелів, переконавшись в

наявності та справності ЗІЗ (засобів індивідуальної захисту) та попереджувальних пристроїв (рукавичок діелектричних, окулярів захисних, калош, ковриків тощо).

2.5. Виконуючи роботи з інструментом необхідно упевнитися в його справності, у відсутності механічних пошкоджень ізоляційного покриття та у своєчасності проходження випробувань інструменту.

2.6. Провести перевірку робочого місця на відповідність вимогам пожежної безпеки, на достатність освітлення робочого місця.

2.7. Виявивши недоліки та порушення з питань електричної та пожежної безпеки, негайно доповісти своєму безпосередньому керівнику.

3. Вимоги безпеки під час виконання робіт

3.1. Виконуючи посадові обов'язки, електрик зобов'язаний мати при собі посвідчення перевірки знань з питань охорони праці. За відсутності посвідчення або наявності посвідчення зі строком перевірки, працівник не отримує допуску до роботи.

3.2. Роботи в електричних установках щодо заходів безпеки поділяються на 3 категорії:

- 1) зі зняттям напруги;
- 2) без зняття напруги на струмопровідних частинах або біля них;
- 3) без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

3.3. Працівники, які виконують спеціальні види робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному проведенню таких робіт і мати на це відповідний запис у посвідченні про перевірку знань.

3.4. Працівникові, який обслуговує закріплені за ним електричні установки напругою до 1000 В одноособово, необхідно мати III групу з електробезпеки.

3.5. Виконуючи роботи в електричних установках потрібно проводити організаційні заходи, що забезпечують безпеку робіт:

- 1) оформляти роботи нарядом-допуском, розпорядженням відповідно до переліку робіт, що виконуються у порядку поточної експлуатації;

- 2) проводити підготовку робочих місць;
- 3) допуск на роботу;
- 4) здійснювати контроль за виконанням робіт;
- 5) переводити на інше робоче місце;
- 6) установлювати перерви у роботі та її закінчення.

3.6. Для підготовки робочого місця до роботи, що вимагає зняття напруги, необхідно застосувати, у певному порядку, наведені нижче технічні заходи:

- 1) виконати необхідні відключення та вжити всіх заходів, що виключають хибне або самовільне включення комутаційної апаратури;
- 2) розвісити заборонні плакати на приводах ручного та на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- 3) провести перевірку на відсутність напруги на струмопровідних частинах, які повинні бути заземлені для захисту людей від ураження електричним струмом;
- 4) встановити заземлення (включити заземлюючі ножі, застосувати переносні заземлення);
- 5) встановити огорожі, якщо необхідно, близько робочих місць або струмоведучих частин, що залишилися під напругою, а також вивісити на цих огорожах плакати безпеки;
- 6) в залежності від місцевих умов, струмовідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

3.7. Працювати без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу них слід як мінімум двом працівникам, одному з них, керівнику робіт, необхідно мати групу IV; іншим групу III з обов'язковим оформленням роботи нарядом-допуском або розпорядженням.

3.8. При знятті та встановленні запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В слід заздалегідь відключити всі навантаження, які підключені до зазначених запобіжників; використовувати при цьому ізолюючі кліщі або діелектричні перчатки, а якщо є відкриті плавкі вставки, то і захисні окуляри.

3.9. Роботу з використанням стремінок потрібно проводити вдвох, один із працівників повинен перебувати знизу. Стояти на ящиках чи інших предметах забороняється. При установці приставних стремінок на балках, елементах металевих конструкцій і т. п. слід надійно закріпити верхню та нижню частину стреміанки на конструкціях.

3.10. Під час обслуговування та ремонту електричних установок користуватися металевими стреміанками забороняється.

4. Вимоги безпеки після закінчення робіт з ремонту та обслуговування електроустаткування

4.1. Відключити (від'єднати) необхідне електрообладнання, електроінструмент від мережі.

4.2. Навести порядок на робочому місці, прибрати у спеціальні місця деталі, матеріал, сміття та відходи.

4.3. Прибрати у відведене місце весь інструмент та пристосування.

4.4. Зняти і прибрати спецодяг, ЗІЗ, тщательно помити руки.

4.5. Провести огляд робочого місця на відповідність його всім вимогам протипожежної захисту.

4.6. Повідомити свого безпосереднього керівника про недоліки і несправності, які були під час виконання роботи. Зафіксувати це у оперативному журналі.

5. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1. У разі пожежі:

1) виключити електричне обладнання, припливно-витяжну вентиляцію, якщо вона є;

2) повідомити в пожежну частину за телефоном 101 і доповісти про це своєму керівнику, а за його відсутності іншій посадовій особі;

3) приступити до ліквідації осередку загоряння, застосовуючи передбачені для цього засоби пожежогасіння. Виконувати гасіння електричного обладнання, що знаходиться під напругою, можна тільки вуглекислотними вогнегасниками типу ОУ або піском. Гасити їх водою або пінним вогнегасником забороняється.

5.2. Електрик повинен пам'ятати, що при раптовому відключенні напруги, вона може бути подана знову без попередження.

5.3. Слід швидко відключити механізми та пристрої:

- 1) у разі раптового відключення електроенергії;
- 2) якщо подальша їх робота загрожує безпеці працівників;
- 3) у разі відчуття дії електричного струму при торканні металевих частин пускової апаратури;
- 4) у разі іскріння;
- 5) при найменших ознаках загоряння, появі диму, запаху гару;
- 6) якщо з'явився незнайомий шум.

5.4. У разі короткого замикання в мережі електроживлення необхідно знеструмити обладнання та повідомити свого прямого керівника.

5.5. Якщо сталося ураження електричним струмом, слід звільнити потерпілого від дії електричного струму, для чого відключити електричну мережу або від'єднати потерпілого від струмопровідних частин за допомогою діелектричних захисних засобів та інших ізолюючих речей та предметів (сухий одяг, суха жердина, прогумований матеріал тощо). п.), або перерізати (перерубати) провід будь-яким інструментом із ізолюючою рукояткою, обережно, без додаткового нанесення травм потерпілому. До прибуття медпрацівника необхідно надати потерпілому першу допомогу.

5.6. При нещасних випадках (травмуванні людини) негайно повідомити про це безпосереднього керівника.

ДОДАТОК Б.

ТЕХНІЧНА СПЕЦИФІКАЦІЯ ФОТОМОДУЛЯ

SUNPOWER®

MAXEON®



MAXEON® 3 | 400 W

Residential Solar Panel

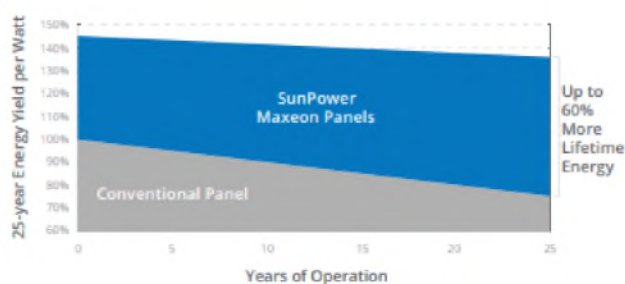
SunPower Maxeon panels combine the top efficiency, durability and warranty available in the market today, resulting in more long-term energy and savings.^{1,2}

**Maximum Power. Minimalist Design.**

Industry-leading efficiency means more power and savings per available space. With fewer panels required, less is truly more.

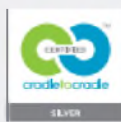
**Highest Lifetime Energy and Savings**

Designed to deliver 55% more energy in the same space over 25 years in real-world conditions like partial shade and high temperatures.²

**Fundamentally Different. And Better.**

The SunPower Maxeon® Solar Cell

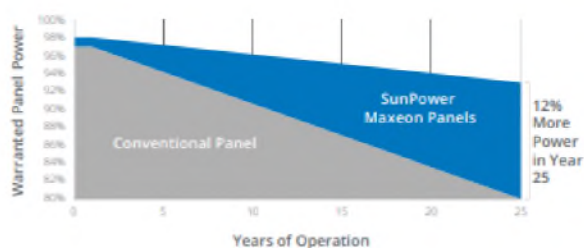
- Enables highest efficiency panels available²
- Unmatched reliability³
- Patented solid metal foundation prevents breakage and corrosion

**As Sustainable As Its Energy**

- Ranked #1 in Silicon Valley Toxics Coalition Solar Scorecard⁴
- First solar panels to achieve Cradle to Cradle Certified™ Silver recognition⁵
- Contributes to more LEED categories than conventional panels⁶

**Better Reliability, Better Warranty**

With more than 25 million panels deployed around the world, SunPower technology is proven to last. That's why we stand behind our panel with an exceptional 25-year Combined Power and Product Warranty, including the highest Power Warranty in solar.

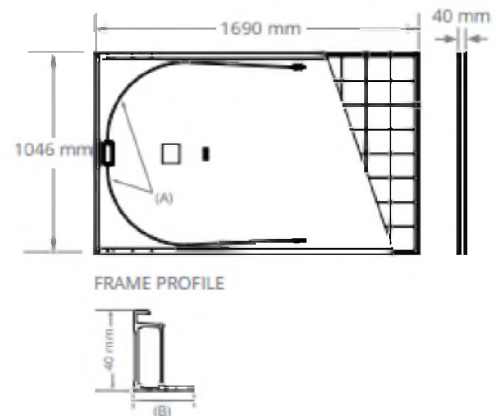


MAXEON[®] 3 | 400 W Residential Solar Panel

Electrical Data			
	SPR-MAX3-400	SPR-MAX3-395	SPR-MAX3-390
Nominal Power (P _{nom}) ²	400 W	395 W	390 W
Power Tolerance	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Panel Efficiency	22.6%	22.3%	22.1%
Rated Voltage (V _{mpp})	65.8 V	65.1 V	64.5 V
Rated Current (I _{mpp})	6.08 A	6.07 A	6.05 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	75.6 V	75.4 V	75.3 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.58 A	6.56 A	6.55 A
Max. System Voltage	1000 V IEC		
Maximum Series Fuse	20 A		
Power Temp Coef.	-0.29% / °C		
Voltage Temp Coef.	-176.8 mV / °C		
Current Temp Coef.	2.9 mA / °C		

Tests And Certifications	
Standard Tests ³	IEC 61215, IEC 61730
Quality Management Certs	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
EHS Compliance	RoHS (Pending), OHSAS 18001:2007, lead free, REACH SVHC-163 (Pending)
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™
Ammonia Test	IEC 62716 (Pending)
Desert Test	MIL-STD-810G
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	1000 V: IEC 62804
Available Listings	TUV

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40°C to +85°C
Impact Resistance	25 mm diameter hail at 23 m/s
Solar Cells	104 Monocrystalline Maxeon Gen III
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-68, Stäubli (MC4), 3 bypass diodes
Weight	19 kg
Max. Load ⁹	Wind: 2400 Pa, 244 kg/m² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m² front
Frame	Class 1 black anodised (highest AAMA rating)


FRAME PROFILE


A. Cable Length: 1200 mm +/-10 mm
B. LONG SIDE: 32 mm
SHORT SIDE: 24 mm

Please read the safety and installation guide.

1 SunPower 400 W, 22.6% efficient, compared to a Conventional Panel on same-sized arrays (310 W, 16% efficient, approx. 2 m²); 8% more energy per watt (based on PVsyst pan files for avg EU climate); 0.5%/yr slower degradation rate (Jordan, et. al, "Robust PV Degradation Methodology and Application," PVSC 2018).

2 DNV "SunPower Shading Study," 2013. Compared to a conventional front contact panel.

3 #1 rank in "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 3", PVTech Power Magazine, 2015.

4 SunPower is rated #1 on Silicon Valley Toxics Coalition's Solar Scorecard.

5 Cradle to Cradle Certified is a multi-attribute certification program that assesses products and materials for safety to human and environmental health, design for future use cycles, and sustainable manufacturing.

6 Maxeon2 and Maxeon3 panels additionally contribute to LEED Materials and Resources credit categories.

7 Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: SOM5 current, LACCS FF and Voltage.

8 Class C fire rating per IEC 61730.

9 Safety factor 1.5 included.

Designed in USA
Made in Philippines (Cells)
Modules Assembled in Mexico

Visit www.sunpower.com.au for more information.

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

©2019 SunPower Corporation. All rights reserved. SUNPOWER, the SUNPOWER logo and MAXEON are trademarks or registered trademarks of SunPower Corporation. Cradle to Cradle Certified™ is a certification mark licensed by the Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

SUNPOWER[®]
MAXEON[®]

532418 REV B / A4_AU

ДОДАТОК В.
ПЕРЕЛІК ЗАУВАЖЕНЬ НОРМОКОНТРАЛЕРА
до дипломної роботи студента групи ЕЛКз-18
АКИМЕНКА Євгена Віталійовича

Позначення документа	Документ	Умовне позначення	Зміст зауваження

Дата _____