

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Електроенергетики
(інститут)
Електротехнічний
(факультет)
Кафедра електроенергетики
(кафедра)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня магістра

студента Пархалевича Нікити Олеговича
(ПІБ)

академічної групи 141-22м-2
(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва спеціальності)

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка
(офіційна назва)

на тему Дослідження режимів джерела автономного електропостачання автозаправної станції на
основі фотоелектричних модулів
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	Лисенко О.Г.			
Розділів:				
Вступна частина	Лисенко О.Г.			
Основна частина	Лисенко О.Г.			
Економічна частина	Тимошенко Л.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Олішевський Г.С.			
----------------	---------------------	--	--	--

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

електроенергетики

_____ (повна назва кафедри)

_____ Папаїка Ю.А.

_____ (підпис)

_____ (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеня магістра

(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Пархалевичу Н.О. академічної групи 141-22м-2

(прізвище та ініціали)

(шифр)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

спеціалізації¹ _____

за освітньо-професійною програмою _____

_____ (офіційна назва)

на тему «Дослідження режимів джерела автономного електропостачання автозаправної станції на основі фотоелектричних модулів», затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 13.11.2023 № 1372

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступна частина	Аналіз вихідних даних. Постановка завдання досліджень	22.10.2023р
Основна частина	Обґрунтування технічних параметрів, вибір основного обладнання сонячної електричної станції.	26.11.2023р
Економічна частина	Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень	10.12.2023р

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

_____ (прізвище, ініціали)

Дата видачі 25.09.2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____

_____ (підпис студента)

_____ (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка с.51, рис.8, табл.6 ,джерела 18.

Тема: «Дослідження режимів джерела автономного електропостачання автозаправної станції на основі фотоелектричних модулів»

Об'єкт кваліфікаційної роботи – режими роботи системи електропостачання автозаправної станції.

В кваліфікаційній роботі приведено дослідження режимів джерела автономного електропостачання автозаправної станції на основі фотоелектричних модулів та обгрунтовано розташування, параметри, обладнання, проведено економічні розрахунки для забезпечення безперебійного електропостачання автозаправної станції.

У вступній частині розглянуті наступні питання: забезпечення незалежності споруди від енергетичних ресурсів, аналіз можливостей використання мережевих систем електропостачання на основі дахових сонячних станцій.

Основна частина роботи включає в себе обгрунтування технічних параметрів сонячної станції вибір електричного обладнання та моделювання режимів системи електропостачання автозаправної станції.

Економічна частина містить розрахунки, такі як витрати на придбання та встановлення електричного обладнання, а також оцінку фінансових витрат на монтаж і експлуатацію мережевої сонячної станції.

ABSTRACT

Topic: "Investigation of modes of the source of autonomous power supply of a gas station based on photovoltaic modules"

The object of the design will be a gas station with an autonomous complex power supply source.

The diploma project will include: "Investigation of the modes of the source of autonomous power supply of the gas station based on photovoltaic modules" and select the location, parameters, equipment, economic calculations for uninterrupted power supply of the gas station.

In the introductory part, the following questions will be considered: ensuring the independence of the building from energy resources, analyzing the possibilities of using autonomous power supply systems based on rooftop solar plants.

The main part of the project includes calculations and selection of electrical equipment and a description of the process of selecting a solar station.

The economic part contains calculations, such as the costs of purchasing and installing electrical equipment, as well as an estimate of the financial costs of installing and operating an autonomous solar plant.

Умовні позначення

ФЕС – фотоелектрична станція

СЕС – сонячна електрична станція

АПК - адміністративно-побутовий комплекс

ПУЕ - правила улаштування електроустановок

КПТІ – комплектна трансформаторна підстанція інверторна

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	ПЗ	Пояснювальна записка		
5					
6			Графічні матеріали		
7	A4x	ЕР	Головний план		
8	A3	ЕР	Схема електрична головна		
9	A2	ЕР	Типова схема прокладки мереж постійного струму		
10		ЕР	Презентація		

Зміст

Зміст	5
Вступ.....	6
1. ВСТУПНА ЧАСТИНА	7
1.1. Актуальність забезпечення енергонезалежності АЗС.....	7
1.2. Принцип роботи мережевої сонячної станції.....	9
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА	103
2.1. Основні технічні параметри	13
2.2. Обґрунтування технічних характеристик і вибір обладнання ФЕС	14
2.3. Обґрунтування продуктивності мережевої ФЕС	37
3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	41
3.1. ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖЕВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ.....	41
3.2. Обґрунтування капітальних витрат.....	41
3.3. Визначення експлуатаційних витрат.....	44
3.4. Обґрунтування річного фонду заробітної плати.....	46
3.5. Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	46
Висновок	46
Перелік джерел	48

Вступ

В наш час електроенергія використовується в усіх промислових та побутових галузях.

Після нападу РФ на нашу країну, енергетична сфера почала проходити випробування на витривалість. Було зруйновано багато сонячних станцій, ГЕС та електростанцій. Приблизно 60% промислових сонячних електростанцій зосереджені у південних та південно-східних областях України, де відбуваються активні бойові дії та вони попали під обстріли та знищення.

Енергетична безпека — це пріоритет для України під час та після завершення війни, яку розв'язала Росія. Адже ця війна — це, в тому числі, масовані атаки на енергетичну інфраструктуру, атомний тероризм і пошкодження понад половини всієї енергосистеми держави.

Одним із важливих стратегічних секторів відбудови України є енергетичний. Знищення критичної інфраструктури, окупація, енергетичний тероризм внесли суттєві негативні зміни у сферу енергетики країни, в тому числі в галузь відновлюваної енергетики, яка до війни у темпи повільніші, ніж потребує країна, проте розвивалася.

Війна в Україні додала причин для прискореного зеленого переходу з метою зменшення залежності від російського імпорту енергоносіїв.

Подальший розвиток ВДЕ в Україні стане ключовим фактором сталого розвитку енергетики у післявоєнний період.

Саме тому моєю темою кваліфікаційної роботи стала «Дослідження режимів джерела автономного електропостачання автозаправної станції на основі фотоелектричних модулів».

1. ВСТУПНА ЧАСТИНА

1.1. Актуальність забезпечення енергонезалежності АЗС

АЗС — це місце, де будь-яке авто може поновити свої запаси пального.

У разі тривалого аварійного відключення електроенергії, АЗС можуть стати острівцем безпеки, стабільності, тепла та перш за все стабільного поновлення пального для авто, які функціонуватимуть цілодобово і безкоштовно для тимчасового перебування.

Для функціонування АЗС його треба забезпечити двома джерелами енергії. Наприклад мережевою сонячною станцією та генератором.

Генератор вже присутній на нашій АЗС.

Мережеві фотоелектричні системи на основі сонячних панелей, використовуються для ефективного та екологічного виробництва електроенергії.

Також мережеві сонячні станції можуть використовуватись, як резервні джерела живлення для критично важливої інфраструктури, такої як лікарні.

Мережеві сонячні станції можуть забезпечувати АЗС в повному обсязі електроенергією.

Схема роботи СЕС для економії

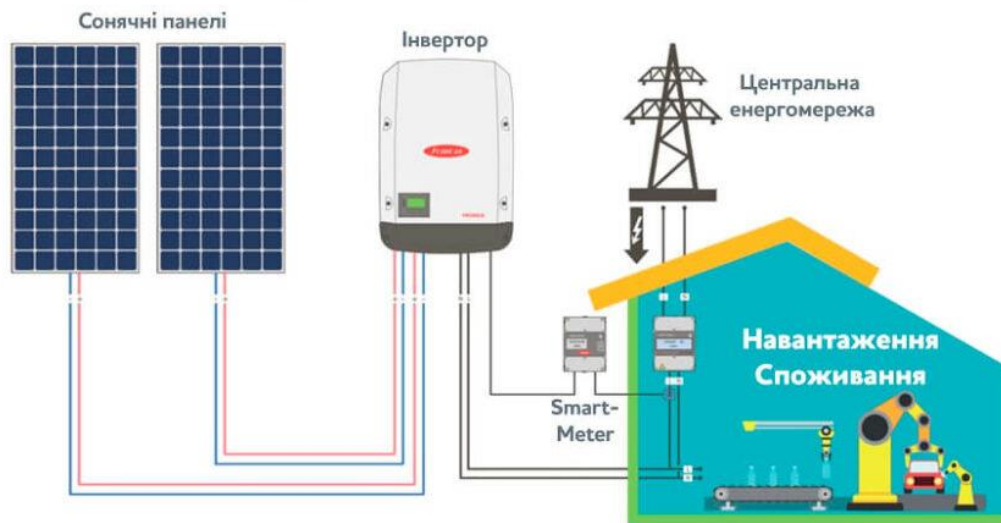


Рисунок 1.1 – Мережева схема підключення сонячної станції

1.2. Принцип роботи сонячної станції.

Мережева сонячна станція – це електростанція, яка перероблює сонячну енергію в електричну.

Вона працює без зв'язку з внутрішньою електромережою. Її функція – виробляти електроенергію як основне джерело електропостачання об'єкта, на якому вона встановлена.

Вдень та сонячну погоду, ця станція буде жити об'єкт.

Основне обладнання сонячної станції:

- Сонячні панелі:

Сонячні панелі – це фотоелектричні модулі, які «збирають» сонячне світло та використовують його для вироблення електроенергії.

Зовнішній вигляд, потужність та можливості сонячних панелей відрізняються, в залежності від їх типу.

Традиційна сонячна панель, яку ми звикли бачити на дахах будинків та автомобілів – це модель з жорсткою конструкцією. Її ефективність залежить від матеріалу виготовлення.

Розрізняють такі типи:

- Тонкоплівкові. Виготовляються такі панелі з аморфного кремнію (до речі, саме цей матеріал використовується для виробництва гнучких панелей), діселеніда індію та міді. КПД аморфних моделей складає всього 6%.
- Полікристалічні. Виготовляються з полікристалів кремнію. КПД панелей складає до 18%.

- Монокристалічні. Для їх виготовлення використовують монокристали кремнію. Кошують такі панелі дорожче, але і показник ефективності у них вищий – до 24%. Слід зазначити, що КПД сучасних експериментальних монопанелей складає до 43%.

Принцип роботи:

Принцип роботи сонячної панелі будується фотогальванічному ефекті, котрий показує, що сонячний промінь можна перетворити на електроенергію, накопичувати та використовувати завдяки роботі напівпровідників. Якщо коротко охарактеризувати даний процес, то він відбувається так: сонячний промінь потрапляє на поверхню рп – шару провідника та вибиває з нього електрони. Після цього дані електрони з певним зарядом переміщуються по колу, що дозволяє живити електроспоживача, підключеного до даного кола.

- Інвертор:

Інвертор потрібен для перетворення постійного струму в змінний струм. Даний інвертор спроектований для безперервної цілодобової експлуатації, а також для будь-якого типу навантажень, таких як електроінструменти, побутова техніка та освітлення.



Рисунок.1.2 HUAWEI SUN2000-20KTL-M2

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Основні технічні параметри

Таблиця №1 – характеристика АЗС

Місто	Київ
Тип станції	Мережева
Потужність станції, кВт	20

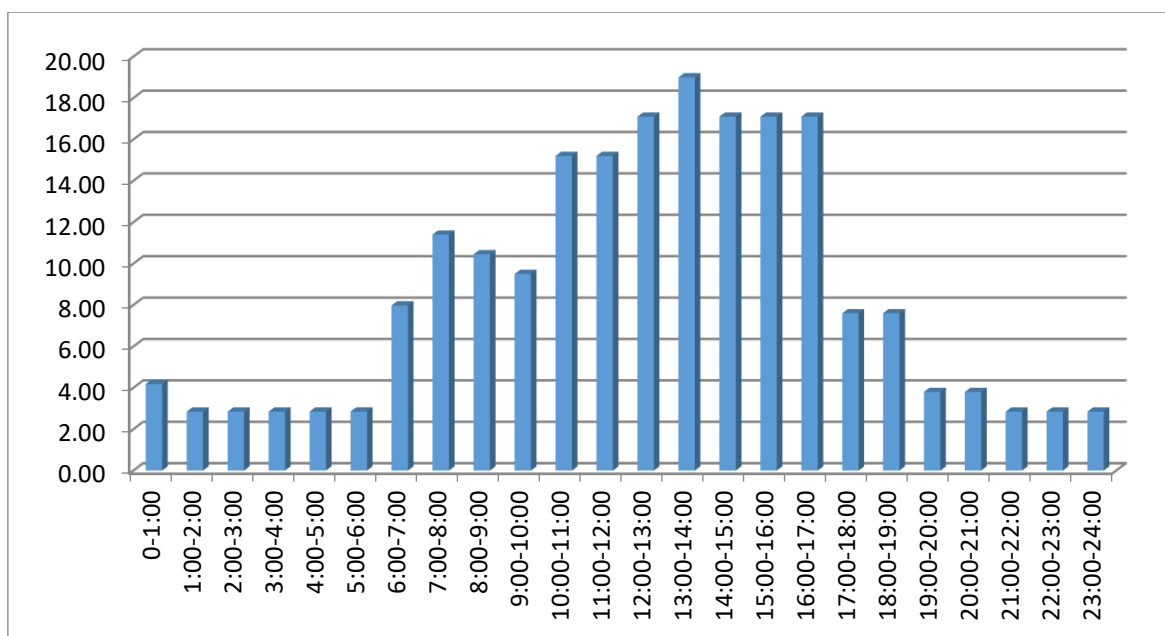


Рисунок 2.1. Графік споживання АЗС за добу

Згідно цього графіку приймаємо потужність нашої СЕС 20 кВт.

2.2 Обґрунтування технічних характеристик і вибір обладнання мережевої СЕС

Розрахунок кута нахилу панелей.

Кут нахилу розраховується за наступною формулою:

Кут нахилу панелі = широта x 0,76 + 3.1°.

Кут нахилу панелі = 48°18" x 0,76 + 3.1°=39,71°.

Координати місця встановлення мережевої ФЕС прийняті з таблиці №2

Таблиця №2 Географічне розташування міста Київ

Місто	Широта	Довгота
Київ	48°18' пн. ш.	25°56' сх.д.

Орієнтація за сторонами світу:

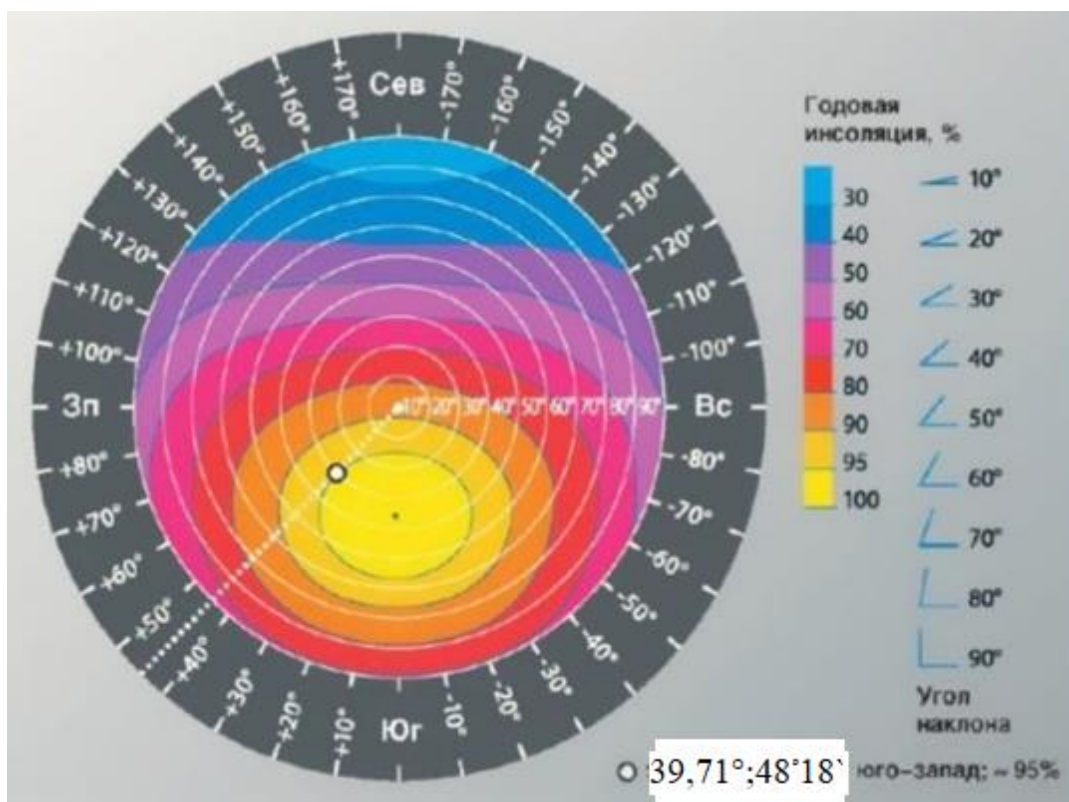


Рис. 2.2. Визначення поправочного коефіцієнта на розташування сонячних фотомодулів

Визначення поправочного коефіцієнту KW на розташування сонячних фотомодулів з рисунка 2.2.

Користуючись діаграмою: за широтою місцевості і орієнтацією панелей за сторонами світу за оптимального кута нахилу знаходиться поправочний коефіцієнт K_w .

Київ: широта місцевості становить $48^{\circ}18'$ пн.ш., кут нахилу панелей – $39,71^{\circ}$, орієнтація на ПД-СХ – $K_w = 0,95$. Річна інсоляція 95%

Номінальні параметри ФЕС

STC (Standard Test Conditions), що визначає стандартні тестові умови:

- рівень інсоляції повинен бути 1000 Вт на м²;
- температура сонячного модуля – 25°C ;
- спектр випромінювання повинен відповідати відносній масі атмосфери 1,5;
- швидкість вітру 0 м/с.

НОСТ (Nominal Operating Cell Temperature) - температура модуля при типових умовах експлуатації, яка стало однією з основних характеристик панелей.

НОСТ визначається за таких умов:

- інсоляція 800 Вт/м²;
- температура повітря 20°C ;
- орієнтації модуля на ПД.

Чим нижче НОСТ панелі, тим краще вона буде працювати. Залежно від використовуваних матеріалів і якості монтажу, температура модуля може бути на $15-30^{\circ}\text{C}$ вище температури навколишнього середовища. Чим вище це значення, тим більше енергії буде втрачатися.

Завжди потрібно звертати увагу на параметр НОСТ при виборі фотомодуля - у якісного виробника він не перевищує 47°C . Так само, дуже важливо знати, що НОСТ має на увазі відкриту задню поверхню модуля для

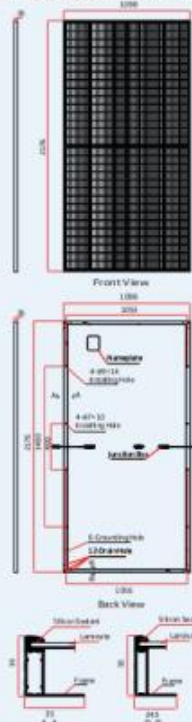
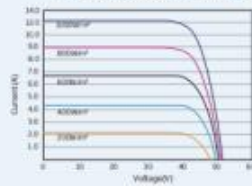
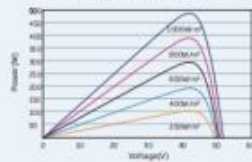
можливості природного охолодження, ось чому необхідно при монтажі завжди залишати зазор між панелями і покрівлею. В іншому випадку, панелі перегріються і їх коефіцієнт корисної дії впаде.

За допомогою NOCT перераховуємо потужність, заявлену в стандарті STC на більш реалістичний PTC (Photovoltaics Test Conditions), який враховує вже не температуру самого сонячного елемента, а температуру навколишнього середовища.

Даними розрахунками передбачено проектування сонячної електростанції сумарною потужністю 20 кВт. Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму на металевих конструкціях встановлюється масив фотоелектричних модулів (ФЕМ). ФЕМ послідовно з'єднуються між собою в стрінги (збірки).

За допомогою кабелів постійного струму (PV кабелі) перерізом 1x6 мм² збірки під'єднуються до інверторів з перетворенням постійного струму в змінний напругою 0,4 кВ та промисловою частотою 50 Гц.

Від інверторів генерована потужність кабелями передається до головного розподільчого щита 0,4 кВ.

DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)

I-V CURVES OF PV MODULE(490 W)

P-V CURVES OF PV MODULE(490 W)

ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts P_{max} (W)*	480	485	490	495	500	505
Power Tolerance P_{max} (W)	0 ~ +5					
Maximum Power Voltage V_{mp} (V)	42.0	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0
Maximum Power Current I_{mp} (A)	11.42	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	50.8	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9
Short Circuit Current I_{sc} (A)	11.99	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35
Module Efficiency η (%)	20.1	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1

STC Irradiance: 1000W/m², Cell Temperature: 25°C, Air Mass: 1.5
*Measuring tolerance: ±3%

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power P_{max} (Wp)	363	367	371	375	379	382
Maximum Power Voltage V_{mp} (V)	39.6	39.8	40.0	40.2	40.4	40.6
Maximum Power Current I_{mp} (A)	9.15	9.20	9.26	9.30	9.37	9.43
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	48.0	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Short Circuit Current I_{sc} (A)	9.65	9.72	9.77	9.83	9.89	9.94

NMOT Irradiance: 800W/m², Ambient Temperature: 20°C, Wind Speed: 1m/s

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Monocrystalline
Cell Orientation	150 cells
Module Dimensions	2176 * 1098 * 35 mm (85.67 * 43.23 * 1.38 inches)
Weight	26.3 kg (58.0 lb)
Glass	3.2mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38 inches) Anodized Aluminum Alloy
J-Box	IP68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 280mm/P 280mm (11.02/11.02 inches) Landscape: N 1400mm/P 1400mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MCA EVO2 / TS4*

*Please refer to regional data sheet for specific connector

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P_{max}	-0.36%/°C
Temperature Coefficient of V_{oc}	-0.26%/°C
Temperature Coefficient of I_{sc}	0.04%/°C

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40 ~ +85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

WARRANTY

12 year Product Workmanship Warranty
25 year Power Warranty
2% first year degradation
0.55% Annual Power Attenuation

(Please refer to product warranty for details)


PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40' container: 600 pieces

Mono Multi Solutions

THE Vertex

BACKSHEET MONOCRYSTALLINE MODULE



500W+
MAXIMUM POWER OUTPUT

21.1%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS | POWER RANGE
TSM-DE18M(II) | 480-505W

High customer value

- Lower LCDE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance Of System) cost, shorter payback time
- Lower guaranteed first year and annual degradation
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher return on Investment

High power up to 505W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.1% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection

High reliability

- Minimized micro-cracks with innovative non-destructive cutting technology
- Ensured PID resistance through cell process and module material control
- Resistant to harsh environments such as salt, ammonia, sand, high temperature and high humidity areas
- Mechanical performance up to 5400 Pa positive load and 2400 Pa negative load


High energy yield

- Excellent iAM (Incident Angle Modifier) and low irradiation performance, validated by 3rd party certifications
- The unique design provides optimized energy production under inter-row shading conditions
- Lower temperature coefficient (-0.36%) and operating temperature

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

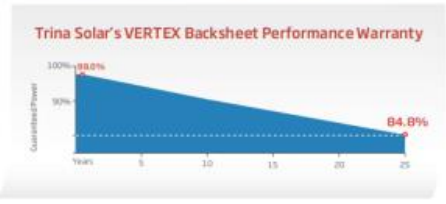
Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215-IEC61730/IEC61703/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO 14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
ISO 45001: Occupational Health and Safety Management System



Trina solar

Trina Solar's VERTEX Backsheet Performance Warranty



Years	Guaranteed Power (%)
0	100% (30.8%)
25	84.8%

Рисунок 2.3 Характеристика сонячної панелі

Для перетворення сонячного випромінювання в електроенергію постійного струму проектом передбачено встановлення фотоелектричних модулів ФЕМ типу half-cell TSM-DE18M(II)-495M виробництва “Trina Solar”, модулі - монокристалічні. До складу модуля входять приєднувальні коробки, які інтегровані в його конструкцію. Кожна коробка має два виводи, довжиною 280 мм, з конекторами плюсового і мінусового виводів для швидкої комутації та виключення помилкових з'єднань. Модуль обрамлений в алюмінієву раму з

технологічними отворами для його механічної фіксації на опорних металевих конструкціях (столах).

Визначаємо очікувану температуру модуля з NOCT за формулою:

Характеристики панелі (фотомодуля):

- сертифікована STC-потужність 495 Вт;
- NOCT = 45 ° C;
- ККД $\eta_{\text{фем}} = 20,7\%$;
- температурний коефіцієнт потужності $C_T = 0,35\% / ^\circ\text{C}$ (0,0035 в.о.).

$$T_{\text{PTC}} = 20 + 1,389 \times (\text{NOCT} - 20) \times (0,9 - \eta_{\text{фем}})$$

$$T_{\text{PTC}} = 20 + 1,389 \times (45 - 20) \cdot (0,9 - 0,207) = 44,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Значення $(0,9 - \eta_{\text{фем}})$ відображає частку сонячної енергії, що досягає модуля і перетвориться в тепло. Передбачається, що 10% енергії відбивається.

Обґрунтування потужності мережевої ФЕМ в реальних умовах:

$$P_{\text{PTC}} = P_{\text{STC}} \cdot [1 - C_T (T_{\text{PTC}} - 25^\circ\text{C})]$$

$$P_{\text{PTC}} = 495 \cdot (1 - 0,0035 \cdot (44,1 - 25)) = 461 \text{ Вт}$$

Це складає $P_{\text{PTC}} / P_{\text{STC}} = 461/495 = 93\%$ від номіналу.

Оптимальним є значення співвідношення $P_{\text{PTC}}/P_{\text{STC}}$, що перевищує 88%.

Якщо при перерахунку потужності на більш реальний стандарт панель втрачає понад 12% енергії, то її виробника можна вважати недобросовісним і використовувати такі панелі не рекомендується.

Будемо приймати якісні фотоелектричні модулі виробництва :

“Trina Solar” з модулем типу: TSM-DE18M(II)-495M

Визначаємо середні показники потрапляння електроенергії для м. Київ на 1 м² площі:

Середньорічне потрапляння сонячної енергії за добу: $W_{\text{ср.доб}} = 3,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Визначаємо сумарне потрапляння сонячної енергії (інсоляція) за рік на 1 м² площі:

$$W_{\text{річ}} = W_{\text{ср.доб}} \cdot 365 = 3,1 \cdot 365 = 1131,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Тобто 1 м² фотоелектричного модуля при своєму ККД (в нашому варіанті $\eta_{\text{фем}} = 20,7 \%$) зможе за рік виробити електричної енергії для географічного поясу м. Київ:

$$W_{\text{ср.доб.фем}} = W_{\text{ср.доб}} \cdot \eta_{\text{фем}} \cdot S_{\text{фем}} = 3,1 \cdot 0,207 \cdot 2,389 = 1,53 \text{ кВт} \cdot \text{год за добу}$$

(в середньому протягом року);

де $S_{\text{фем}} = 2,389$ площа фотоелектричного модуля (панелі), м²

$$W_{\text{річ.фем}} = W_{\text{доб.фем}} \cdot 365 = 1,53 \cdot 365 = 558,45 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

(виробництво електричної енергії 1 ФЕМ за рік).

З модулем типу: TSM-DE18M(II)-495M (Характеристики якої наведені на Рис. 2.3)

У наведених вище розрахунках ми керувалися середньорічними показниками для отримання загального розуміння. Проте, в реальності сонячна активність протягом року є різною, залежно від сезону. Тому, необхідно провести аналогічні розрахунки для кожного окремого місяця.

Ми вели розрахунок для 1 мережевої ФЕМ та його характеристик.

Для отримання результатів в цілому по станції потрібно у відповідних формулах врахувати кількість таких модулів, які сформують загальну площу поверхні станції, що перетворюватиме енергію сонячного випромінювання в електричну.

Для взятих до уваги панелей потужністю 495 Вт (за паспортом), які в реальних умовах даватимуть 461 Вт (попередні розрахунки РРТС) для спорудження станції потужністю 20 кВт необхідно задіяти певну кількість ФЕМ, яка розраховується за спрощеною формулою (не враховуємо втрати потужності в мережі постійного та змінного струму, але враховуємо ККД інвертора станції, який переважно складає не менше 97 %; також враховуємо поправочний коефіцієнт на розташування панелей за сторонами світу K_w):

$$P_{\text{ФЕС}} = 20\,000 \text{ Вт}$$

$$P_{\text{РРТС.фем}} = 461 \text{ Вт}$$

$$\eta_{\text{інв}} = 0,97$$

$$K_w = 0,95$$

2. Вибір кількості та параметрів інверторного обладнання для покриття потужності фотоелектричної станції.

Обґрунтування інвертора починаємо з визначення потужності ФЕС - визначається потужність інверторного обладнання, встановленого на ній. Тому кількість інверторів може бути розрахована наступним чином:

$$N_{\text{інв}} = P_{\text{ФЕС}} / P_{\text{ном.інв}}$$

де $P_{\text{ФЕС}}$ – потужність фотоелектричної станції, відповідно до технічних умов, кВт;

$P_{\text{ном.інв}}$ – номінальна одинична потужність інвертора, прийнятого довстановлення, кВт.

$$N_{\text{інв}} = 20/20 = 1 \text{ шт}$$

Було обрано інвертор HUAWEI SUN 2000-20KTL-M2

Кваліфікаційною роботою передбачена установка інвертора постійного струму в змінний виробництва «HUAWEI» марки SUN2000-20KTL-M2 потужністю 20 кВт (1 шт.). Інвертори перетворюють електроенергію постійного струму, яку виробляють фотоелектричні модулі, в електроенергію змінного трифазного струму синусоїдальної форми промислової частоти 50 Гц.

Інвертор має 2 входи (стандартно по два стрінги на один MPPT-контролер та два MPPT-контролерів на один інвертор).

Згідно «Datasheet HUAWEI SUN2000-20KTL-M2» інвертором може регулюватись частота в діапазоні 44-55 Гц та напруга від 360 до 530 В.

Згідно ДСТУ EN 50160:2014 нормальне виробництво електроенергії сонячною електростанцією забезпечується в межах діапазону частоти 47 – 52 Гц. В разі змін частоти в енергосистемі з перевищенням зазначених параметрів, ФЕС за рахунок задіяних технологічних захистів, відділяється (відключається) від зовнішньої мережі, до відновлення прийнятних режимів роботи ФЕС.

Кваліфікаційною роботою передбачається установка інверторів HUAWEI SUN2000-20KTL-M2 в якому закладено функції поглинання реактивної складової та протидії підвищенню напруги в точці підключення, а також функція генерування реактивної складової, для боротьби з провалами напруги.

Інвертор HUAWEI SUN2000-20KTL-M2 є керованими мережею.

Виконується програмування інверторів з функцією зміни режимів роботи в залежності від рівня генерації та напруги на клеммах (згідно з керівництвом по експлуатації інвертора), а саме:

- Підтримка постійного коефіцієнта потужності, з підтримкою допустимих режимів роботи зовнішньої мережі (за умови, підтримки робочого діапазоні регулювання);
- Підтримка на виході інверторів постійної реактивної потужності;
- Зворотній контроль рівня напруги відносно параметрів зовнішньої мережі;
- Динамічний контроль уставок інверторів стосовно коефіцієнта потужності або рівня реактивної потужності, відносно параметрів мережі.

Згідно з паспортом (керівництвом по експлуатації) інверторів HUAWEI SUN2000-20KTL-M2 СКГС) сумарний коефіцієнт гармонійних спотворень (THD - Total Harmonic Distortion) напруги електропостачання становить $\leq 1\%$ (ураховуючи всі гармоніки до 40-ої включно), що задовільняє вимоги ДСТУ EN 50160:2014, згідно якого СКГС має бути меншими чи рівними 8 %.

Кваліфікаційною роботою передбачається установка інвертора SUN2000-20KTL-M2, який виконує функції синхронізації з мережею, контролю параметрів якості напруги, релейного захисту при нормальних, аварійних та після аварійних режимах роботи. В нормальному режимі інвертор вмикається в роботу автоматично за наявності відповідної інтенсивності освітлення та наявності напруги в мережі, синхронізуючись з її параметрами. При аварійних ситуаціях і зниженні напруги в мережі інвертор відключається. Після встановлення нормальних режимів роботи в мережі, ФЕС автоматично вмикається в роботу синхронізуючись з мережею.

Таким чином, встановлене на ФЕС інверторне обладнання запобігає несинхронному включенню в мережу.

Основні функції автоматики та захисту інвертора:

- моніторинг параметрів вхідної напруги постійного струму та вихідної напруги змінного струму;
- контроль технологічних параметрів інвертора;
- контроль реактивної потужності;
- контроль активної потужності;
- інтерфейс заземлення;
- відхилення напруги/частоти, захист мін/макс частоти;
- максимальний струмовий захист;
- захист від перенапруги (при перевищенні напруги змінного струму значення встановленої уставки інвертор блокує видачу потужності в мережу. Уставку спрацювання захисту від підвищення напруги вибираємо виходячи з умови недопущення підвищення напруги більш ніж на 10 %);
- відключення від електророзподільної мережі протягом 2 с в разі переривання напруги в електророзподільній мережі;
- після відключення в результаті відхилення від норми параметрів електророзподільної мережі фотоелектрична система не повинна бути повторно підключена до мережі протягом інтервалу часу від 20 с до 5 хв з моменту відновлення нормальних значень напруги і частоти.

Система моніторингу фотоелектричної станції побудована за допомогою модема типу Smart Dongle-WLAN-FE, виробництва Huawei. Зв'язок інвертору з модемом виконується по витій парі (Ethernet).

Перелік функцій керування СЕС, що виконується через стандартне програмне забезпечення виробництва Huawei за допомогою браузеру наступні:

- підтримка доступу до 10 інверторів;

- контроль та управління системою сонячної станції (перегляд в режимі реального часу інформації про електростанцію, пристрої та несправності, налаштування параметрів пристроїв, тощо);
- віддалене налаштування та обслуговування;
- швидке дистанційне управління активною та реактивною потужністю;

Для мереж 0,4 кВ генерації проектом передбачено систему заземлення типу TN-C-S.

Для запобігання ураження електричним струмом проектом передбачено приєднання до захисного заземлення:

- корпусів інверторів;
- встановлюваних металоконструкцій.

Захист від комутаційних та атмосферних перенапруг в колах 0,4 кВ виконується обмежувачами перенапруг, що встановлюється в силових щитах (ЩС). Захист кіл постійного струму виконується вбудованими пристроями інверторів. Опорні металоконструкції сонячних панелей приєднати до існуючої системи блискавкозахисту даху існуючого торгового центру.



Active Safety

AI Powered Arcing Protection



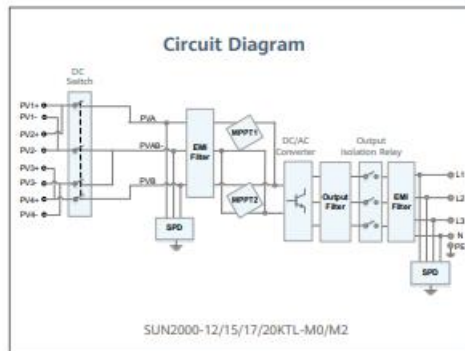
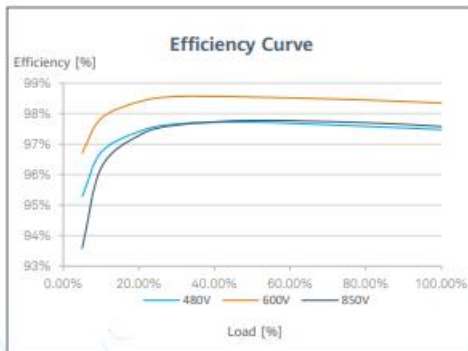
Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer¹



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



¹ Only applicable to SUN2000-12/15/17/20KTL-M2 inverter.

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M0	SUN2000 -15KTL-M0	SUN2000 -17KTL-M0	SUN2000 -20KTL-M0
Efficiency				
Max. efficiency	98.50%	98.65%	98.65%	98.65%
European weighted efficiency	98.00%	98.30%	98.30%	98.30%
Input				
Recommended max. PV power	24,000 Wp	29,760 Wp	29,760 Wp	29,760 Wp
Max. input voltage ¹	1,080 V			
Operating voltage range ²	160 V ~ 950 V			
Start voltage	200 V			
Rated input voltage	600 V			
Max. input current per MPPT	22 A			
Max. short-circuit current	30 A			
Number of MPP trackers	2			
Max. input number per MPP tracker	2			
Output				
Grid connection	Three phase			
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W
Max. apparent power	13,200 VA	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 3W + N + PE			
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz			
Max. output current	20 A	25.2 A	28.5 A	33.5 A
Adjustable power factor	0.8 leading ~ 0.8 lagging			
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %			
Features & Protections				
Input-side disconnection device	Yes			
Anti-islanding protection	Yes			
AC over-current protection	Yes			
AC short-circuit protection	Yes			
AC over-voltage protection	Yes			
DC reverse-polarity protection	Yes			
DC surge protection	Type II			
AC surge protection	Yes, compatible TYPE II protection class according to EN/IEC 61643-11			
Residual current monitoring unit	Yes			
Arc fault protection	Yes			
Ripple receiver control	Yes			
General Data				
Operation temperature range	-25 ~ +60 °C (-13 °F ~ 140 °F)			
Relative humidity	0 % RH ~ 100% RH			
Max. operating altitude	0 - 4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)			
Cooling	Natural Convection			
Display	LED indicators; integrated WLAN + FusionSolar APP			
Communication	RS485; WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)			
Weight (with mounting plate)	25 kg			
Dimensions (W x H x D) (incl. mounting plate)	525 x 470 x 262 mm (20.7 x 18.5 x 10.3 inch)			
Degree of protection	IP65			
Nighttime Power Consumption	< 5.5 W			
Standard Compliance (more available upon request)				
Safety	EN/IEC 62109-1, EN/IEC 62109-2			
Grid connection standards	G98, G99, EN 50438, EN50549, CEI 0-21, CEI 0-16, VDE-AR-N-4105, VDE-AR-N-4110, AS 4777, C10/11, ABNT, UTE C15-712, RD 1699, RD 661, PO 12.3, TOR D4, IEC61727, IEC62116, DEWA			

¹ The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
² Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

Рисунок 2.4 Технічні характеристики інвертора HUAWEI SUN 2000-20KTL-M2 загальні дані.

3. Обґрунтування параметрів та схеми з'єднань стрінгів ФЕМ для підключення до інверторів.

Максимальний струм в колі

Струм, що генерується сонячними батареями, залежить від типу з'єднання. В послідовному з'єднанні сила струму дорівнює значенню найбільш слабкого звена в стрінзі, наприклад, частково затемненій панелі. При паралельному з'єднанні струм дорівнює сумі струмів від окремих панелей. Значення струму також залежить від температури, чим вона вище, тим вище струм, що генерується. Зміна інтенсивності струму в залежності від температури визначається коефіцієнтом I_{sc} панелі (в нашому випадку 0,05 %/К).

Максимальний струм, який може генерувати одна панель, можна розрахувати за формулою:

$$I_{sc(T_r)} = I_{sc} \left(1 + \frac{(T_r - 25)\alpha_T}{100} \right)$$

де:

$I_{sc(T_r)}$ — значення струму сонячної батареї при 70° С;

I_{sc} — значення струму короткого замикання в умовах STC, вказане в характеристиці модуля (11,63 А);

T_r — максимальна температура (70 °С);

α_T — температурний коефіцієнт I_{sc} (0,05 %/К).

$$I_{sc(T_r)} = 11,63 \cdot (1 + (70-25) \cdot 0,05/100) = 11,5 \text{ [A]}$$

Згідно розрахунків бачимо, що для інвертора HUAWEI SUN 2000-20KTL-M2, потужністю 20 кВт, сума струмів від двох панелей ($2 \cdot 11,5 = 23$ А) не буде перевищувати максимальне значення 26 А ($I_{dc\ max_1}$) для першого входу, а сума струмів від двох панелей в паралель ($2 \cdot 11,5 = 23$) не буде перевищувати 26 А ($I_{dc\ max_2}$) для другого входу MPPT.

Максимальна напруга в колі.

Значення максимальної напруги розраховуємо за формулою:

$$U_{oc(T_k)} = U_{oc} \left(1 + \frac{(T_k - 25)\beta_T}{100} \right)$$

Де:

$U_{oc(T_r)}$ — значення напруги при температурі — 25 °С;

U_{oc} — напруга холостого ходу (51,5 В);

T_r — мінімальна робоча температура (-25 °С);

β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,29%/К).

Отже:

$$U_{oc(T_r)} = 51,5 \cdot \left(1 + (-25 - 25) \cdot (-0,29 / 100) \right) = 58,96[\text{В}]$$

Опираючись на це значенні, розраховуємо кількість модулів в стрінгу, з'єднаних послідовно.

$$N_{max} \leq U_{DC\ max} / U_{OC}(TR)$$

де $U_{DC\ max}$ — максимально допустиме значення напруги на вході перетворювача.

$$N_{\max} \leq 450 / 58,96 = 7,63$$

Округляючи до цілого числа отримуємо, що в один стрінг можна установити до 8 сонячних панелі.

Аргументування мінімальної кількості модулів в колі з урахуванням допустимої пускової напруги інвертора.

Кожний інвертор має мінімальну напругу на вході, в нашому випадку це 90 В.

В свою чергу, модулі досягають мінімальної робочої напруги при граничній температурі 70° С.

Тому мінімальна кількість панелей в стрінгу розраховується для цієї ж температури, округляючи значення вгору. В цьому випадку використовуються формули:

$$U_{oc(T_{\max})} = U_{oc} \left(1 + \frac{(T_{\max} - 25)\beta_T}{100} \right)$$

$$N_{\min} \geq U_{DC \text{ start}} / U_{OC}(T_{\max})$$

Де

$U_{oc}(T_{\max})$ — напруга при максимальній температурі 70 ° С;

U_{oc} — напруга холостого ходу (51,5 В);

T_{\max} — максимальна робоча температура (70 ° С);

β_T — температурний коефіцієнт модуля (-0,29 %/К);

N_{\min} — мінімальна кількість сонячних батарей;

$U_{dcstart}$ — подавана початкова напруга (90 В).

$$U_{oc(Tmax)} = 51,5 \left(1 + \frac{(-70 - 25) \cdot (-0,29)}{100} \right) = 65,68 \text{ (ВТ)}$$

$$N_{min} \geq 90 / 65,68 = 1,37$$

Приймаємо найближче ціле значення в більший бік, таким чином рекомендується встановлювати послідовно не менше 2 модулей в один стрінг.

Визначення допустимої кількості модулів в колі з урахуванням МРР трекера інвертора.

Інвертор має оптимальний діапазон напруги для роботи МРР трекера.

В нашому випадку цей діапазон в межах: 90-450 В. При визначенні кількості панелей, що підключені до одного входу МРР, необхідно визначити кількість панелей, при чому все коло буде генерувати напругу в робочому діапазоні МРРТ при певних умовах. В цьому випадку підраховується максимальна і мінімальна напруга сонячної батареї для умов МРРТ, при цьому максимальне значення напруги підраховується при -25°C та мінімальне значення при $+70^{\circ}\text{C}$.

Розраховується оптимальна кількість панелей за формулою:

$$U_{MPP(Tmax)} = U_{MPP(STC)} \left(1 + \frac{(T_{max} - 25)\beta_T}{100} \right)$$

$$N_{min} \cdot U_{MPP(Tmax)} \geq U_{DC min}$$

Де

$U_{MPP(Tmax)}$ — напруга сонячної батареї при 70°C ;

$U_{MPP(stc)}$ — оптимальна напруга МРРТ (48 В);

T_{max} — максимальна робоча температура (70 °C);

β_T — індекс температури модуля (-0,29%/K);

N_{min} — мінімальна кількість модулів в стринзі;

$U_{dc\ min}$ — мінімальне значення MPPT інвертора (90 В);

$$U_{oc(Tmax)} = 48 \left(1 + \frac{(-70 - 25) * (-0,29)}{100} \right) = 61 \text{ В}$$

$$N_{min} \cdot U_{MPPT(Tmax)} \geq 90$$

Таким чином:

$$N_{min} \geq 90 / 61 = 1,5$$

Отриманий результат округляємо до найближчого більшого значення. Таким чином, рекомендується встановити не менше 2 модулів у стрінг для оптимальної роботи MPPT інвертора.

Перевірка сумарної кількості сонячних модулів з урахуванням номінальної потужності інвертора.

Зазвичай виробники рекомендують приєднувати до інвертора сонячні панелі сумарної потужності в співвідношенні 0,8-1,2 до номінальної вихідної потужності інвертора для оптимальної роботи перетворювача. В нашому випадку інвертор має номінальну вихідну потужність $P_{ac,r} = 20$ кВт.

Таким чином, оптимальне значення сумарної потужності сонячних панелей знаходиться в діапазоні 20 000 – 22 000 Вт.

Розрахуємо кількість модулів згідно з рекомендуваним діапазоном:

$$P_{ac,r} \cdot 0.8 / P_{mpp} \leq N_{sum\ gen} \leq P_{ac,r} \cdot 1.2 / P_{mpp}$$

де: $P_{ac,r}$ — номінальна потужність інвертора (20 000 Вт).

Отримані значення округляємо до найближчого цілого числа в більшу сторону для мінімального значення, і в меншу сторону для максимального значення:

$$20000 \cdot 0,8 / 495 \leq N_{sum\ gen} \leq 20000 \cdot 1,2 / 495$$

$$32 \leq N_{sum\ gen} \leq 48$$

Таким чином, оптимальна кількість сонячних панелей повинна бути в діапазоні від 32 до 48 шт.

4. Визначення конструктивних параметрів окремого «стола» ФЕМ

Довжину стола визначаємо за геометричними розмірами ФЕМ та їх кількості одному стрінгу з урахуванням технологічних відстаней між панелями для їх кріплення до металоконструкцій. Приймаємо відстань між панелями $\Delta_{фем} = 0,021$ м.

Таким чином, довжина столу обчислюється :

$$L_{ст} = N_{ФЕМ} \cdot (b_{ФЕМ} + \Delta_{фем}),$$

$b_{ФЕМ}$ - ширина модуля, м

$$L_{ст} = N_{ФЕМ} \cdot b_{ФЕМ} + (N_{ФЕМ} - 1) \Delta_{фем} = 8 \cdot 1,098 + (8 - 1) \cdot 0,021 = 8,9 \text{ м}$$

Відстань між столами паралельних рядів:

За координатами місцевості кут сонця 19°

Далі рухаємо столи так, щоб уникнути затінення.

Відстань між рядами не менше $1,7 \cdot H_{ст}$, де $H_{ст}$ – висота столу сонячних панелей, яку визначаємо геометрично за параметрами столу.

Тоді:

$$H_{CT} = 2,176 + 0,021 + 2,176 = 4,373 \text{ м.}$$

$$\text{Відстань між рядами: } 1,7 \cdot 4,373 = 7,4 \text{ м.}$$

Вибір параметрів кабельних ліній мережі постійного струму

Довжина кабелю типу PV 1x6 складає по лінії «+» 210 м, і «-» 210 м,
- тобто загальна довжина – 420 м

$$\Delta P = 2 \cdot I_{STP}^2 \cdot I_{KЗDC} \cdot R_0$$

де R_0 – питомий опір КЛ постійного струму, який дорівнює для кабелю перерізом 6 мм² можна прийняти значенням 3,1 Ом/км;

Тоді, для випадку, що розглядається:

$$\Delta P = 2 \cdot 11,63^2 \cdot 0,384 \cdot 3,1 = 0,322 \text{ Вт}$$

Втрати в мережі постійного струму складають, %:

$$\Delta P\% = P_{dc} / P_{інв} \cdot 100\% = (222/20) \cdot 100 = 1,6$$

Тобто ККД мережі DC приймаємо на рівні 0,975.

5. Обґрунтування загальної кількості фотоелектричних модулів з урахуванням втрат потужності в мережі постійного струму та інверторах

Втрати в мережі постійного струму та неоптимальні умови роботи ФЕМ доцільно компенсувати шляхом додаткового встановлення сонячних модулів в ланцюгах інверторів з урахуванням ККД інвертора та ККД мережі DC.

Кількість ФЕМ, які мають бути підключені до одного інвертора, можна визначити зі співвідношення та округлити до більшого парного числа, враховуючи переважну парну кількість панелей, що формують стіл ФЕМ:

$$N_{\text{ФЕМ}}^{\text{інв}} = \frac{P_{\text{інв.}}}{P_{\text{РТС}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w} = \frac{22000}{495 \cdot 0,93 \cdot 1} = 48 \text{ шт}$$

де $\eta_{\text{інв}}$ ККД інвертора відповідно до паспортних даних, в.о., як правило, становить 0,93.

Приблизна кількість ФЕМ, які формують ФЕС, можна визначити зі співвідношення за кількістю інверторного обладнання:

$$N_{\Sigma \text{ФЕМ}} = N_{\text{ФЕМ}}^{\text{інв}} \cdot N_{\text{інв.}} = 48 \cdot 1 = 48$$

Для забезпечення потрібної потужності беремо кількість панелей з запасом 20 %. Загальна кількість панелей становить 48 шт та максимальна генерація ФЕС становить 23,3 кВт.

Аргументування продуктивності мережевої ФЕС

Обчислення вироблення ФЕС електричної енергії W виконуємо за формулою:

$$W = E_{\text{н}} \cdot k_{\text{мод}} \cdot S \cdot k_{\text{інв}} \cdot k_{w1} \cdot k_{w2} \cdot k_{w3} \cdot k_{\text{тр}} \cdot k_{\text{г}},$$

де $E_{\text{н}}$ – надходження сонячної радіації (прямої та розсіяної) на похилу поверхню, кВт/м² за годину;

$k_{\text{мод}}$ – ККД фотоелектричного модуля;

S – загальну сумарну площу фотобатарей, м² ;

$k_{\text{інв}}$ – ККД інвертора;

k_{w1} – втрати змінного струму в мережі до 1 кВ;

k_{w2} – втрати змінного струму в мережі понад 1 кВ;

k_{w3} – втрати в мережі постійного струму;

$k_{\text{тр}}$ – ККД трансформатора;

$k_{\text{г}}$ – коефіцієнт готовності ФЕС.

У разі попереднього оцінювання техніко-економічних показників площадок, добуток $k_{\text{інв}} \cdot k_{w1} \cdot k_{w2} \cdot k_{w3} \cdot k_{\text{тр}} \cdot k_{\text{г}}$ обираємо 0,9. Загальну сумарну площу фотоелектричних модулів S визначаємо за проектним

кресленням розміщення фотобатарей на крищі. Проектом планується встановлення фотоелектричної станції в Київській області. Середньомісячна сонячна іррадіація у цій області за даними NASA за останні 20 років наведено в таблицю 3.

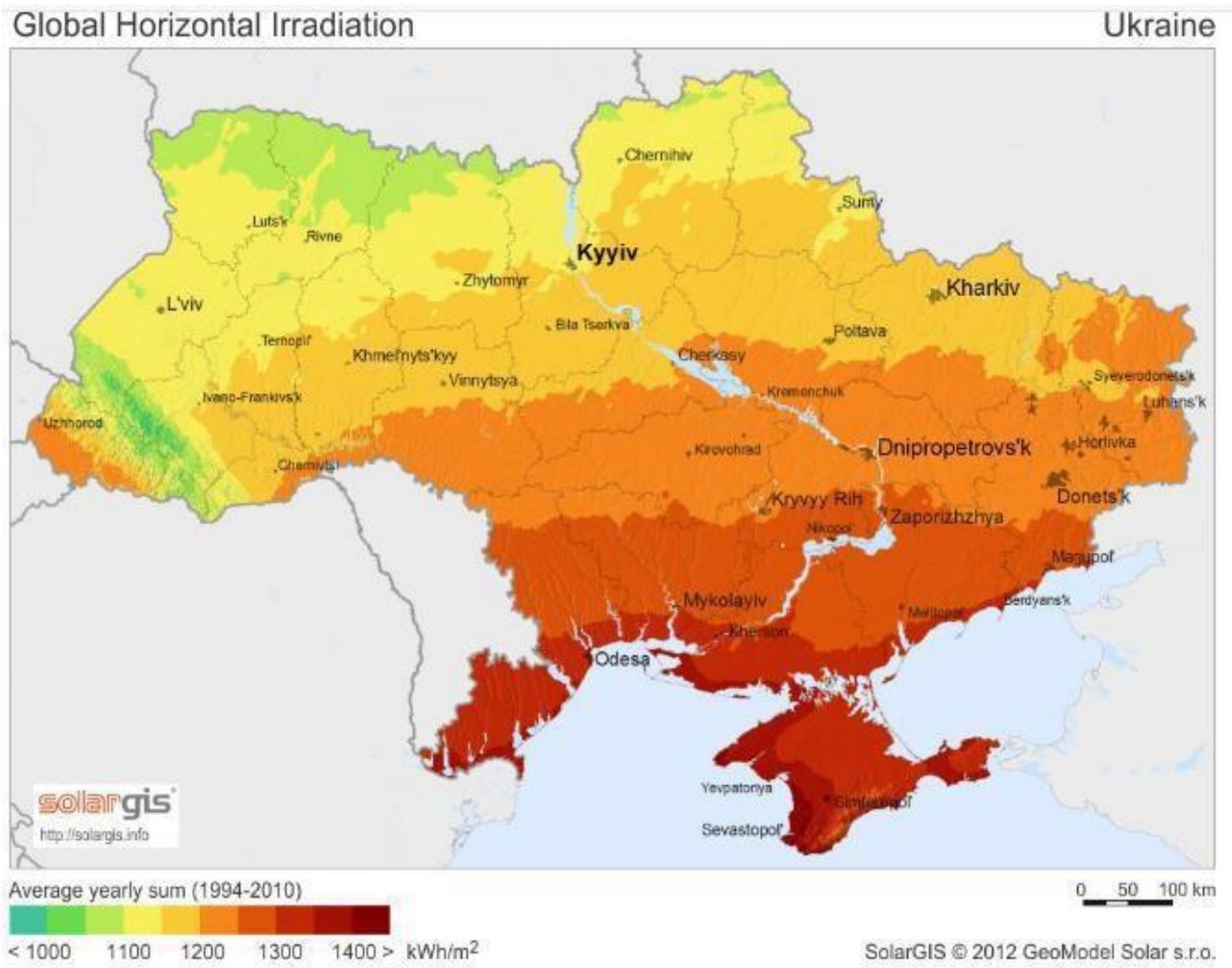


Рисунок 2.5 Середня сумарна річна інсоляція для умов України, кВт/(м²·рік)

Середні показники вироблення електроенергії для м. Київ з 1 м²площі.

Середньорічне виробництво електроенергії за добу:

$$W_{\text{ср.доб}} = 3,1 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Сумарне вироблення електроенергії за рік : 1131,5 кВт · год/м²

Прийнято параметри панелей: ККД – 20,7 %, P_{stc} = 495 Вт.

Таблиця №3 – Середній рівень сонячної радіації/інсоляції в місті Київ
(кВт•год/м²/день)

Дані NASA за останні 20 років												
Січ ень	Лю тий	Бере зень	Квіт ень	Трав ень	Черв ень	Лип ень	Сер пень	Вере сень	Жов тень	Лист опад	Груд ень	Сере дне
1,0 7	1,8 7	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,1

Визначення кількості ФЕМ

$$N_{\text{фем}} = P_{\text{ФЕС}} / (P_{\text{РТС.фем}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) = 20\,000 / (461 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 48 \text{ шт}$$

Якщо перерахувати фактично встановлену потужність за паспортною потужністю ФЕМ, то вийде, що:

$$P_{\text{ФЕС.пасп}} = P_{\text{ФЕМ.пасп}} \cdot N_{\text{фем}} = 495 \cdot 48 = 23\,760 \text{ Вт}$$

Тобто, для того, щоб отримати станцію з фактичною потужністю 23,8 кВт з урахуванням неідеальності умов встановлення ФЕМ для отримання прогнозованого прибутку потрібно заздалегідь компенсувати і умови середовища, і втрати в елементах електричної мережі .

Щоб було виробництво електричної енергії станцією потужністю 23,8 кВт, необхідно 48 ФЕМ типу TSM-DE18M(II)-495M

$$W_{\text{річ.ФЕС}} = W_{\text{річ.фем}} \cdot N_{\text{фем}} = 554,2 \cdot 48 = 26\,601 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік}$$

- попередньо визначимо площу станції, тобто площу поверхні, яка перетворюватиме енергію сонця в електричну:

$$S_{\text{ФЕС}} = S_{\text{фем}} \cdot N_{\text{фем}} = 2,389 \cdot 48 = 114,7 \text{ м}^2$$

Січень

$$W_{\text{ср.доб.01}} = 1,21 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{01} = W_{\text{ср.доб.01}} \cdot N_{\text{діб.01}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$1,21 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 696 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Лютий

$$W_{\text{ср.доб.02}} = 1,87 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{02} = W_{\text{ср.доб.02}} \cdot N_{\text{діб.02}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$= 1,87 \cdot 29 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 1098 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Березень

$$W_{\text{ср.доб.03}} = 2,95 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{03} = W_{\text{ср.доб.03}} \cdot N_{\text{діб.03}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$= 2,95 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 1918 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Квітень

$$W_{\text{ср.доб.04}} = 3,96 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{04} = W_{\text{ср.доб.04}} \cdot N_{\text{діб.04}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$= 3,96 \cdot 30 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 2492 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Травень

$$W_{\text{ср.доб.05}} = 5,25 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{05} = W_{\text{ср.доб.05}} \cdot N_{\text{діб.05}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$= 5,25 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 3414 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Червень

$$W_{\text{ср.доб.06}} = 5,22 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{06} = W_{\text{ср.доб.06}} \cdot N_{\text{діб.06}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=5,22 \cdot 30 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 3285 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Липень

$$W_{\text{ср.доб.07}} = 5,25 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{07} = W_{\text{ср.доб.07}} \cdot N_{\text{дїб.07}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=5,25 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 3414 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Серпень

$$W_{\text{ср.доб.08}} = 4,67 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{08} = W_{\text{ср.доб.08}} \cdot N_{\text{дїб.08}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=4,67 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 3037 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Вересень

$$W_{\text{ср.доб.09}} = 3,12 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{09} = W_{\text{ср.доб.09}} \cdot N_{\text{дїб.09}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=3,12 \cdot 30 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 1963 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Жовтень

$$W_{\text{ср.доб.10}} = 1,94 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{10} = W_{\text{ср.доб.10}} \cdot N_{\text{дїб.10}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=1,94 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 1262 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Листопад

$$W_{\text{ср.доб.11}} = 1,02 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{11} = W_{\text{ср.доб.11}} \cdot N_{\text{дїб.11}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{інв}} \cdot K_w) =$$

$$=1,02 \cdot 30 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 642 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Грудень

$$W_{\text{ср.доб.12}} = 0,86 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2/\text{день}$$

$$W_{12} = W_{\text{ср.доб.12}} \cdot N_{\text{дiб.12}} \cdot (S_{\text{ФЕС}} \cdot \eta_{\text{ФЕМ}} \cdot \eta_{\text{iнв}} \cdot K_w) =$$

$$= 0,86 \cdot 31 \cdot (114,7 \cdot 0,207 \cdot 0,93 \cdot 0,95) = 559 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Таблиця № 4 Місячне вироблення електричної енергії в місті Київ

Січ ень	Лю тий	Бере зень	Квіт ень	Трав ень	Черв ень	Лип ень	Серп ень	Вере сень	Жовт ень	Лист опад	Груд ень	Всього
696	1098	1918	2492	3414	3285	3414	3037	1963	1262	642	559	23780

За рік було отримано 23 780 кВт * год/рік



Рисунок 2.6 Діаграма генерації електричної енергії за рік.

Передбачена кваліфікаційною роботою апаратура повинна експлуатуватися в відповідності до паспортних значень номінального струму та напруги.

В процесі експлуатації треба постійно контролювати стан контактних з'єднань, ізоляції арматури, нормальний шум працюючого устаткування, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновки, опір ізоляції електроштитів,

силових мереж, правильність підключення нульових заземлюючих провідників.

Забезпечення техніки безпеки в силовому електроустаткуванні та електроосвітленні зроблено вибором відповідного виконання електроустаткування, апаратів та мереж.

Обслуговування та ремонт електроустаткування та електричних мереж передбачається персоналом ремонтних служб.

Електромонтажні роботи треба вести у відповідності до діючих будівельних норм, СНП 3.05.06-85, ПВЕ, з дотриманням заходів по охороні праці та техніці безпеки.

Крім заходів, передбачених кваліфікаційною роботою, повинні бути розроблені інструкції по забезпеченню техніки безпеки з урахуванням специфіки та конкретних особливостей роботи в відповідності з вимогами норм.

3. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖЕВОЇ СЕС

Вступ

В даній кваліфікаційній роботі досліджені режим джерел мережевого електропостачання автозаправної станції на основі фотоелектричних модулів.

В сучасних реаліях, під час повномасштабного вторгнення та агресії з боку російської федерації, страждає система енергетики нашої держави, що веде за собою аварійні та стабілізаційні відключення електроенергії. Через це страждають промислові та цивільні підприємства. Такими є і автозаправні станції. Багато з них несуть збитки через втрату електроенергії та унеможливлення своєї безперервної роботи. Для цього в даному дослідженні ми розглянемо чи економічно вигідно будувати сонячну електричну станцію на базі АЗС та чи забезпечить вона постійне електропостачання. Використання мережевої сонячної станції та генератора повинні забезпечити безперервне електропостачання АЗС.

В даному розділі було виконана обґрунтування техніко-економічних показників і показників ефективності з метою обґрунтування економічної доцільності їх застосування.

3.2 Визначення капітальних витрат

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні інвестиції з реалізації проектного технічного рішення можуть включати:

Капітальні інвестиції з реалізації технічного рішення можуть включати витрати:

- на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю та обліку витрачання ресурсів, приладів діагностики стану обладнання тощо;
- пов'язані з виконанням будівельно-монтажних робіт;
- на проведення монтажно-налагоджувальних робіт;
- фінансових коштів на виконання проектно-конструкторських робіт, підготовку персоналу та виконання інших робіт, необхідних для реалізації технічного рішення.

Проектні капітальні інвестиції в устаткування і будівельно-монтажні роботи визначаються на основі цін, наведених у прайс-листах оптових цін на електроустаткування, та інших довідкових матеріалів або за фактичними витратами підприємства. Прийняті ціни необхідно обґрунтувати, а саме, вказати джерела інформації на відповідну дату.

При визначенні величини проектних капіталовкладень (K_{np}) можна скористатися формулою:

$$K_{np} = K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right) + Z_{мзс} + Z_m + Z_n + Z_{np} , \quad (3.1)$$

де $K_{об} \left(\sum_{i=1}^k C_i \right)$ – вартість придбання електрообладнання (засобів автоматизації, програмного забезпечення тощо) за проектом або сумарна вартість комплектуючих елементів i - го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення;

k - кількість необхідних комплектуючих елементів;

$Z_{мзс}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати;

Z_m – витрати на монтажні роботи;

Z_n - витрати на налагоджувальні роботи;

Z_{np} – інші одноразові вкладення грошових коштів.

Якщо проектом передбачається виготовлення необхідної апаратури, то розрахунок таких витрат можна робити або укрупненим, або детальним методом за спеціальними методиками. Вартість самостійно розробленого програмного забезпечення також розраховується за певною методикою.

Доцільно витрати на придбання технічних засобів або комплектуючих виробів представити у вигляді зведення капітальних витрат (табл. 5).

Таблиця №5 Зведення капітальних витрат

№ з/п	Найменування технічних засобів	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
1	Сонячні панелі, “Trina Solar” (TSM-DE18M(II)-495M)	48	5 479	262 992
2	Інвертор «HUAWEI» SUN2000-20KTL-M2	1	105 593	105 593
3	Провід силовий сонячний 6 мм ² / на напругу 1,5 кВ	420	60	25 200
4	DTSU666-H 250A/50mA Лічильник	1	10 004	10 004
	ВСЬОГО			403789

Вартість транспортно-заготівельних і складських витрат ($Z_{тзс}$) визначається виходячи з:

- відстані доставки обладнання від місця придбання до місця експлуатації;
- кількості, маси і габаритів устаткування;
- виду транспортних засобів;
- транспортних тарифів;
- розцінок на вантажно-розвантажувальні роботи;
- витрат на складську обробку.

Витрати на монтажні (Z_m) і на налагоджувальні роботи (Z_n) можна визначити наступним чином:

$$Z_{m(n)} = \sum (C_i \times a_i \times t_i) \times K_d \times K_{CM} \times K_{np} \quad (3.2)$$

де C_i – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чол.;

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

K_{cm} – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок;

K_{np} – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Інші одноразові вкладення грошових коштів (Z_{np}) можуть включати витрати:

- на демонтаж застарілого обладнання;
- на проведення проектно-конструкторських робіт;
- на підготовку персоналу;
- на придбання готового програмного забезпечення.

Якщо обладнання, що демонтується, може бути повністю або частково реалізовано за договірною ціною або за ціною брухту, то проектні капітальні витрати зменшуються на цю величину.

3.3 Визначення експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат електротехнічного устаткування відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z);

- єдиний соціальний внесок (C_c);
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж (C_m);
- вартість електроенергії, що буде споживана об'єктом проектування або втрат електроенергії (C_e);
- інші експлуатаційні витрати (C_{np}).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть:

$$C = C_a + C_z + C_c + C_m + C_e + C_{np}, \text{ грн.}$$

Обґрунтування амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування - відрахування частини вартості основних фондів для відшкодування їх зносу.

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи і часу його використання.

Роки корисного використання об'єкта основних засобів визначається з очікуваних технічних вимог та часу його використання.

Термін корисного використання сонячних панелей та інвертора 8 років, виходячи з очікуваних технічних вимог. Строк максимального використання обладнання 12 років.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Na = \frac{\Phi_{п} - Л}{\Phi_{п} \cdot T_{п}} \cdot 100, \%$$

де, $T_{п}$ – термін корисного використання (амортизаційний період), р.;

$\Phi_{п}$ – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних коштів, тис.грн

Норма амортизації для першого варіанту: 403 789 грн

$$Na = \frac{403789}{403789 \cdot 8} \cdot 100\% = 12,5\%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АО за прямолінійним методом:

$$AO = \frac{\Phi_{п} \cdot Ha}{100}$$

$$AO = \frac{12,5 \cdot 403789}{100} = 50473,6 \text{ грн}$$

Таблиця № 6 Амортизаційні відрахування

№1	Найменування	Капітальні вкладення, тис. грн	Норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування, тис. грн
1	Автономне електричне обладнання	403 789	12,5	50 473,6

3.4 Визначення річного фонду заробітної плати

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтним працівникам.

Розрахунок заробітної плати не виконується, так як для АЗС роботи обслуговування станції виконується технічними службами один раз на рік.

3.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Прийmemo витрати технічного персоналу на налаштування та прервiрку 2500 грн на пiв року, 5000 за рiк.

$$Ст(1) = 5\ 000 = 5\ 000 \text{ грн/рiк}$$

Річні експлуатаційні витрати:

$$C1 = Ca + Cp = 50\,473 + 5000 = 55\,473 \text{ грн}$$

У розрахунках можна прийняти для спрощення і концептуального вирішення задачі вартість спорудження ФЕС:

- промислова мережева ФЕС – Спит.ФЕС = 0,65 \$/Вт;

Мережева ФЕС «під ключ» середньої комплектації буде орієнтовно коштувати:

$$ЗФЕС = РФЕС \cdot \text{Спит.ФЕС} = 20000 \cdot 0,65 = 13\,000 \$$$

Кількість спожитої електроенергії за рік = 23780 кВт

Сума затрат на рік складає :

$$23780 \cdot 2,55 = 59450 \text{ грн.}$$

За підрахунками ФЕС потужністю 20 кВт окупиться за 8,1 років

$$ЗФЕС / P_w \text{ рік} = 13\,000 / 1500\$ = 8,1 \text{ років}$$

Висновок :В результаті обґрунтування дізналися вартість капітальних витрат для будівництва мережевої сонячної станції для АЗС, яка складає 403 789 тис. грн. а річні витрати на технічне- обслуговування складає 5 000 грн.

Станція окупиться за 8,1 років , що є чудовим показником для СЕС для АЗС в умовах «блек аутів».

Висновок

Енергія сонця- це практично невичерпне джерело енергії. Використання лише 1% сонячної енергії могло б забезпечити всі сьогоdnішні потреби світової енергетики. Головне – її використовувати так, щоб вартість була мінімальною, але наразі це важко. Із вдосконаленням технологій і подорожчанням традиційних енергоресурсів сонячна енергія буде знаходити все більше попиту та застосування.

Використання енергії сонця має велике майбутнє. Разом з тим, наразі ця галузь ще розвивається, вдосконалюється, маючи на меті зниження собівартості енергії. Передбачається, що до середини ХХІ сторіччя частка сонячної енергії в загальному обсязі виробництва складе від 10 до 20 %.

Все більше сучасних мереж АЗС обирають для себе джерела альтернативної енергії, чому так відбувається?

Всі сучасні провідні АЗС, мають на своїй території магазинчик з речами першої необхідності, та фаст-фуд зону, що додатково споживають чималу кількість електроенергії. А разом із тим потрібно враховувати безперервну роботу бензоколонок, освітлення, кондиціонування повітря, роботу вентиляційного обладнання, касових апаратів та каво машин, які є практично всюди, навіть на маленьких АЗС. Яким би не був загальний обсяг споживання, енергоресурс лишається незмінним – електроенергія. Звісно на сьогодні існує немало способів економії (енергозберігаюче освітлення, техніка з меншим обсягом споживання) проте на загальному фоні витрат, така економія не є значною. Витрати на оплату електроенергії є однією з перших статей видатків для будь якої АЗС.

Мною був виконані обґрунтування СЕС в м. Київ.

Було виконано обґрунтування кута нахилу сонячних панелей та розташування на ПД-СХ, розрахована інсоляція і температури модулів.

По розрахункам були вибрані сонячні панелі, які підходять заданим умовам розрахунку. Були вибрані панелі якісного виробника “Trina Solar” модулем типу: TSM-DE18M(II)-495M.

Була обгрунтована кількість сонячних панелей для виробництва електричної енергії станцією потужністю 20 кВт, для цього необхідно 48 ФЕМ типу TSM-DE18M(II)-495M.

Було розглянуте по місячно виробництво електричної енергії та кількість коштів для спорудження станції, та її окупність.

Перелік джерел посилання:

1. ГОСТ 28249-93. Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку в установках змінного струму напругою до 1 кВ.
2. Перехідні процеси в системах електропостачання Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Несен За ред. академіка НАН України Г.Г. Півняка. - Дніпропетровськ Видавництво НГА України, 2000.– 597 с.
3. СОУ-Н МЕВ 40.1-37471933-49-2011 "Проектування кабельних ліній на-пругою до 330кВ."
4. https://ecoaction.org.ua/diyalnist/energetyka?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAvdCrBhBREiwAX66UryeRIwtbUskHZhjG06jz0i2OaAnSBQPFYPYV8UZ1bGMo7eV-HmUr8hoCNzsQAvD_BwE
5. https://www.gpee.com.ua/news_item/727
6. <https://www.nefterynok.info/stati/zaryadjen-soncem>
7. <https://energosome.in.ua/ua/g97734868-solnechnye-batarei-trina>
8. <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-inverters/huawei-20ktl-m2>
9. <https://solensy.com.ua/sonyachni-systemy-energopostachannya-dlya-azs/>
10. Закон України «Про електроенергетику» від 16.10.1997 № 575/97-ВР.
11. ДСТУ 8635:2016 Геліоенергетика. Площадки для фотоелектричних станцій. Приєднання станцій до електроенергетичної системи. Київ ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 26 с.
12. Бекман У. и др. Расчет систем солнечного теплоснабжения: Пер. с англ./У. Бекман, С. Клейн, Дж. Даффи. — М.: «Энергоатомиздат», 1982.
13. <https://regenpower.com/news/list-tier-1-solar-panels-july-2019/>
14. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/>

15.

<http://www.yuzhcable.info/index.php?CAT=18&MRI=180131&UN=1>

16. "Керівництво з вибору, прокладки, монтажу, випробовувань і експлуатації кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену напругою 6-35 кВ ПАТ "Південкабель".

17. ГОСТ 28249-93. Короткі замикання в електроустановках. Методи розрахунку в установках змінного струму напругою до 1 кВ.

18. Посилання для вибору параметрів блоків з запобіжниками серії ARS виробництва APATOR: http://www.apator.com.ua/?page_id=67