

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

Кафедра Інтелектуальні системи електропостачання

«ДО ЗАХИСТУ»

В.о. завідувача кафедри

_____ /Д. О. Босий/

«_____» _____ 20__ р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**

Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

Освітньо-професійна програма **Системи управління виробництвом та
розподілом електроенергії**

Тема **Впровадження енергоефективних технологій в системі живлення
власних потреб тягової підстанції**

Theme **Introduction of energy efficient technologies in the power supply
system of the traction substation's own needs**

Керівник дипломної роботи

доц. _____ В. О. Дьяков

Нормоконтролер

доц. _____ Т. М. Міщенко

Студент групи ЕС1922

_____ А. Ю. Пшеничний

Student

Pshenychnyi Anton

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Дніпровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна
Факультет «Управління енергетичними процесами»
Кафедра «Інтелектуальні системи електропостачання»
Галузь 14 Електрична інженерія
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Спеціалізація Системи управління виробництвом та розподілом електроенергії

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
В.о. зав. кафедри
Босий Д.О.
(підпис)
«17» вересня 2020р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття ОС магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)
студента групи ЕС1922 Пшеничний А.Ю.
(номер групи) (ПІБ)

- 1 Тема дипломного проекту (роботи) Впровадження енергоефективних технологій в системі живлення власних потреб тягової підстанції.
затверджена наказом по університету від «16» 09 2020 р. № 494 ст.
- 2 Термін подання студентом закінченої роботи «7» грудня 2020р.
- 3 Вихідні дані до дипломного проекту (роботи): коефіцієнт «зеленого» тарифу для вітрових та сонячних електростанцій.
- 4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки): аналіз проблеми впровадження енергоефективних систем живлення на тяговій підстанції, накопичення та перетворення нетрадиційних джерел енергії в інші види енергії.
- 5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу): ілюстрований опис результатів досліджень.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Термін виконання	Обсяг розділу, %
ВСТУП	19.09	5
АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	12.10	10
АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПЕРЕТВОРЕНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ	11.11	15
СИСТЕМИ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ	16.11	15
ВИТРАТИ ПІДСТАНЦІЇ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ	22.11	15
ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ	27.11	15
РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ	31.11	15
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	2.12	5
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	6.12	5

Дата видачі завдання: « 17 » вересня 2020 р.

Керівник дипломної роботи

_____ к.т.н., доц. Дьяков В.О.
(підпис) (ПБ)

Завдання прийняв до виконання

_____ Пшеничний А.Ю.
(підпис) (ПБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка має обсяг 64 сторінок, складається з 6 розділів та містить 25 ілюстрації, 3 таблиці, 10 використаних джерел.

Мета роботи – розробка теоретичних та практичних підходів для економії електроенергії при її споживанні власними потребами тягової підстанції.

Основним завданням яке є на сьогодні це економія, накопичення та перетворення нетрадиційних джерел енергії в інші види енергії. Поставлене питання накопичення електроенергії та інших видів енергії, є основним предметом для розвитку відновлювальних джерел енергії, тому що як відомо сонячні та вітрові електростанції не завжди працюють в постійному режимі для вироблення електроенергії, тому постає питання як зберегти і накопити даний вид енергії.

На першому етапі при будівництві сонячної та вітрової електростанції потрібно враховувати на скільки в даному регіоні відбувається сонячна та вітрова активність, проаналізувавши дані для електростанції відбувається оцінка на скільки вони можуть покрити споживання електроенергії.

На основі системи Smart Grid (розумні системи) повинен бути створений принцип передачі електроенергії це в свою чергу дає можливість інформаційно та комунікативно стежити за потоками електроенергії з сонячних та вітрових електростанцій, розподілу виробленої електроенергії прямо з підстанції в мережу і контролю її для того щоб в мережі не було надлишку, тому Smart Grid система зможе направляти електроенергію туди де потрібно покрити не достаток електроенергії.

Ключові слова: власні потреби тягових підстанцій, енергоефективні технології, відновлювальні джерела електроенергії, економія електроенергії, безперебійного живлення власних потреб тягових підстанцій.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ	9
1.1 Сучасні проблеми впровадження нетрадиційних джерел енергії.....	9
1.2 «Зелений» тариф.....	11
1.3 Очікуване виробництво електроенергії на території України в рік.....	16
2. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПЕРЕТВОРЕНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.....	18
2.1 Сонячні електростанція та їх класифікації	18
2.2 Типи сонячних електростанцій.....	20
2.2.1 СЕС баштового типу.....	21
2.2.2 СЕС тарілчатого типу.....	23
2.2.3 СЕС, що використовують фотобатареї.....	24
2.2.4 СЕС, що використовують параболічні концентратори.....	26
2.2.5 Комбіновані СЕС.....	26
3. СИСТЕМИ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ	27
3.1 Схема живлення власних потреб підстанцій постійного струму .	28
3.2 Схема живлення власних потреб підстанцій постійного струму .	33
3.3 Режим роботи акумуляторної батареї	34
4. ВИТРАТИ ПІДСТАНЦІЇ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ	35
5. ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ	42

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Впровадження енергоефективних технологій в системі живлення власних потреб тягової підстанції			Літ.	Арк.	Акрушів
Розробник	Пшеничний А.Ю.							5		
Керівник	Дьяков В.О.									
Н. контроль	Мищенко Т.М.									
Н. Контр.										
Затверд.					ДНУЗТ, ІСЕ, гр.ЕС1922					

6. РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ.....	46
6.1 Визначення кількості фотобатарей	48
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54
ДОДАТОК А.....	55

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Сьогодні у світовій економіці проводиться переоцінка енергетичної політики в зв'язку з розумінням реальної перспективи вичерпності запасів органічного палива, що безпосередньо буде визначати вартісні зміни витрат на видобуток, а також енергетичну безпеку країну. Почалась переоцінка забезпечення країни власними енергетичними ресурсами для сфери споживання. До цих енергетичних ресурсів відносяться відновлювальні джерела енергії, або як їх називають нетрадиційні джерела енергії (НДЕ).

Актуальність теми дослідження. Сонячна радіація, енергія вітру, малі річки та водостоки, біомаса (деревини, побутових та сільськогосподарських відходів, лісозаготівель, деревообробної і целюлозо-паперової промисловості), геотермальна енергія, а також розсіяна теплова енергія (тепло повітря, води, океанів, морів та водоймищ) є відновлювальними джерелами енергії. Основна перевага відновлювальних джерел енергії – їх невичерпності та екологічна чистота що не дає можливість забруднювати повітря.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота відповідає науковим напрямкам роботи кафедри «Інтелектуальні системи електроспоживання» Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Метою дипломної роботи є розробка теоретичних та практичних підходів для економії електроенергії при її споживанні власними потребами тягової підстанції.

Основний принцип електропередачі енергії повинен бути побудований з використанням систем Smart Grid (розумні системи). Це дає можливість інформаційно та комунікативно стежити за потоками електроенергії з сонячних та вітрових електростанцій, розподілу виробленої електроенергії прямо з підстанції в мережу і контролю її для того щоб в мережі не було надлишку. У зв'язку з цим,

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Smart Grid система зможе направляти електроенергію туди де потрібно покрити недолік електроенергії.

Для досягнення мети були вирішені наступні задачі:

- Проаналізовано виробництво альтернативної електроенергії (ЕЕ) в Україні.
- Проаналізовані технічні рішення при перетворенні фотоелектричної енергії.
- Проаналізовані системи накопичення ЕЕ.
- Проаналізовано споживання ЕЕ споживачами власних потреб.
- Проведено розрахунок основних технічних параметрів сонячної електростанції (СЕС) для живлення власних потреб тягової підстанції(ТП).

Наукова новизна результатів полягає в накопиченні електроенергії біля альтернативних електростанцій, що дасть можливість використати дану енергію в похмуру погоду для власних потреб ТП, накопичення можна здійснювати в таких установках на основі Powerpack , дані установки дають можливість накопичувати електроенергію до 200 кВт/год, даний тип накопичувача коефіцієнт корисної дії (ККД) якого становить 98% дає можливість створювати достатні модулі які дозволять накопичувати в сотні МВт/ год електроенергії що в свою чергу дасть можливість зменшити споживання електроенергії із зовнішньої енергосистеми.

Практична цінність роботи. Набуті результати у ході моделювання та розрахунку СЕС дозволять науковцям більше дізнатись про процес накопичення енергії. Проект може бути використаний у реальному проектуванні СЕС.

Методологія і методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань в роботі виконані узагальнення і аналіз матеріалів науково - технічної літератури, використані методи математичного аналізу та імітаційного моделювання в програмному пакеті PVsyst, методи обробки статистичних даних, методи теоретичних та експериментальних досліджень.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Особистий внесок здобувача. Постановка завдань та план виконання робіт виконано спільно з науковим керівником. Здобувачем самостійно проведено комп'ютерне моделювання та розрахунок поставлених задач.

Апробація результатів магістерської роботи.

Основні положення роботи і результати досліджень були викладені на міжнародній студентській науковій конференції «Теоретичне та практичне застосування результатів сучасної науки»(Запоріжжя, UKR, 2020р.)

Публікації

- Пшеничний А.Ю. Впровадження Smart Grid системи для мінімізації втрат [Текст] / Теоретичне та практичне застосування результатів сучасної науки: матеріали міжнародної студентської наукової конференції (Т.2), 27 листопада 2020 рік. Запоріжжя, Україна: Молодіжна наукова ліга,с.33-34. ISBN 978-617-7171-56-9,DOI 10.36074/27.11.2020.v2

1 ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

1.1 Сучасні проблеми впровадження нетрадиційних джерел енергії

Розвиток нетрадиційних джерел енергії є важливим фактором підвищення енергетичної безпеки та покращення екологічної обстановки в Україні. На сьогодні, вартість використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) країни порівняно з традиційними є значно вищою. Тому для розвитку ВДЕ необхідно використовувати механізми підтримки та стимулювання. Технічно досяжний річний енергетичний потенціал нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) України в перерахунку на умовне паливо становить близько 79 млн. т у.п. Економічно досяжний потенціал цих джерел за базовим сценарієм складає 57,7 млн. т у.п., в тому числі відновлювальних природних джерел енергії – 35,5 млн. т у.п., позабалансових (нетрадиційних) – 22,2 млн. т у.п. На даний час цей потенціал

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

використовується недостатньо. Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить 7,2% (6,4% – позабалансові джерела енергії; 0,8% – відновлювальні джерела енергії) [2]. Один з шляхів вирішення вказаної проблеми – необхідно особливу увагу приділити подальшому розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії. Їх беззастережною перевагою є невичерпність і екологічна чистота. Невипадково країни Європейського Союзу поступово переходять на використання енергії біомаси, вітру, сонця і води. В енергетичному балансі деяких країн питома вага нетрадиційних джерел сягає 40%. В разі виконання прийнятої в Україні Енергетичної Стратегії, частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) буде складати 18,33 млн. т. у. п. (6% від загального споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) у 2030 р. Для порівняння, країни ЄС у цілому досягли приблизно 12% внеску ВДЕ вже до 2010 р. Частка ВДЕ в деяких країнах світу, досягнута ще в 2001 р., складала: Норвегія – 45%, Швеція – 29,1%, Нова Зеландія – 25,8%, Фінляндія – 23%, Австрія – 21,5%, Канада – 15,6%, Данія – 10,4%. Практично всі країни світу ставлять за мету значний ріст використання ВДЕ на найближчі десятиліття. Наведені дані дозволяють вважати, що Енергетична Стратегія передбачає катастрофічне відставання України від розвинутих країн щодо розвитку [3].

Сьогодні розвиток генерації на базі ВДЕ в Україні стимулюється «зеленим тарифом», який забезпечує рентабельність виробництва електроенергії з нетрадиційних та поновлюваних джерел. На сьогодні ставки «зеленого тарифу» [1]. в Україні достатні для забезпечення необхідного повернення на інвестиції в об'єкти генерації з ВДЕ. Передбачене законом зниження коефіцієнтів «зеленого тарифу» відповідає поточним прогнозам зі зниження собівартості будівництва об'єктів, призначених для генерації з ВДЕ. При переході на нову модель ринку потрібно врахувати механізми відшкодування «зеленого тарифу». Для цього необхідно: - передбачити механізми забезпечення зростання ВДЕ зростанням маневрових потужностей, яке повинне здійснюватись у межах, які технологічно допустимі задля збереження надійної роботи енергосистеми України; - переглянути механізм розподілення (між суб'єктами – виробниками з ВДЕ та компаніями-власниками

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

електромереж) витрат на реконструкцію та будівництво магістральних та розподільчих мереж, необхідних для підключення електростанцій на ВДЕ до енергосистеми; - потрібно на законодавчому рівні забезпечувати сприятливі умови для інвестування: підтримувати розробку та впровадження конкурентоспроможних технологій і локалізацію виробництва потрібного устаткування [1]. Отже, впровадження та використання відновлювальних джерел в Україні сприятиме охороні довкілля та зменшить енергетичну залежність країни. Для цього необхідно створити умови для розвитку ВДЕ: розробити стимулюючу політику держави щодо фінансування науково-дослідних розробок, розвивати науково-технічну та промислову базу. Пріоритетними напрямками повинно стати впровадження передових розробок біоенергетики, вітроенергетики, сонячної енергетики, малої гідроенергетики та геотермальної енергії.

Питання ефективного використання традиційних та альтернативних енергоресурсів вивчалось багатьма вченими економістами, як вітчизняними, так і закордонними. Серед них: О. Борщ, Й. Гольм-Нільсен, О. Гаганов, М. Григорьев, Е. Гутнік, М. Волков, П. Іваненко, Ю. Каранов, В. Клименко, А. Лоза, М. Малік, Т. Новацький, В. Перебийніс, В. Руда, П. Саблук, В. Федорейко, М. Михайлов та ін..

1.2 «Зелений» тариф

«Зелений» тариф – спеціальний тариф, за яким закупається електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями).

Державна політика в електроенергетиці базується на таких принципах: сприяння розвитку альтернативної енергетики як екологічно чистої і безпальної підгалузі енергетики шляхом встановлення «зеленого» тарифу та оплати електростанціям, які виробляють електричну енергію з використанням

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), всієї виробленої ними електричної енергії в повному обсязі у грошовій формі, без застосування будь-яких видів заліків погашення заборгованості із розрахунків за електроенергію.

Електрична енергія, вироблена з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, придбавається енергопостачальниками, що здійснюють постачання електричної енергії за регульованим тарифом на території провадження ліцензійної діяльності, за «зеленим» тарифом в обсязі, що перевищує місячне споживання електроенергії такими приватними домогосподарствами. Побутовий споживач має право на встановлення у своєму приватному домогосподарстві генеруючої установки, призначеної для

виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру, величина встановленої потужності якої не перевищує 30 кВт, але не більше потужності, дозволеної до споживання за договором про користування електричною енергією. Виробництво електроенергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру приватними домогосподарствами здійснюється без відповідної ліцензії. Порядок продажу та обліку такої електроенергії, а також розрахунків за неї затверджується національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП).

Стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії «Зелений» тариф встановлюється НКРЕКП, на електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах) з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями).

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних (НКРЕКП) послуг постановою від 30 червня 2017 року № 864, встановила нові «зелені» тарифи на електричну енергію для приватних домогосподарств.

Для приватних домогосподарств, які виробляють електрику з енергії сонячного випромінювання об'єктами електроенергетики, які вмонтовані (встановлені) на дахах та / або фасадах приватних домогосподарств (будинків, будівель та споруд), величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, та які введені в експлуатацію встановлені такі тарифи (табл. 1.1)

Таблиця 1.1 - Коефіцієнт «зеленого» тарифу для сонячних електростанцій

Категорії об'єктів електроенергетики, для яких застосовується «зелений» тариф	Коефіцієнт «зеленого» тарифу для об'єктів або його черг/пускових комплексів, введених в експлуатацію						
	з 01 квітня 2013 року по 31 грудня 2014	з 01 січня 2015 року по 30 червня 2015	з 01 липня 2015 року по 31 грудня 2015	з 01 січня 2016 року по 31 грудня 2016	з 01 січня 2017 року по 31 грудня 2019	з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024	з 01 січня 2025 року по 31 грудня 2029
для електроенергії, виробленої з енергії сонячного випромінювання об'єктами електроенергетики, які вмонтовані (встановлені) на дахах та/або фасадах приватних домогосподарств (будинків, будівель та споруд), величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт (без ПДВ).	1113,26 коп/кВт·год	1001,27 коп/кВт·год	621,82 коп/кВт·год	556,02 коп/кВт·год	561,65 коп/кВт·год	504,81 коп/кВт·год	449,65 коп/кВт·год

Для приватних домогосподарств, які виробляють електрику з енергії вітру об'єктами електроенергетики, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт, та які введені в експлуатацію встановлені такі тарифи (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Коефіцієнт «зеленого» тарифу для вітрової електроенергетики.

Категорії об'єктів електроенергетики, для яких застосовується «зелений» тариф	Коефіцієнт «зеленого» тарифу для об'єктів або його черг/пускових комплексів, введених в експлуатацію		
	з 01 липня 2015 року по 31 грудня 2019 року	з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року	з 01 січня 2025 року по 31 грудня 2029 року
для електроенергії, виробленої з енергії з вітру об'єктами електроенергетики, величина встановленої потужності яких не перевищує 30 кВт (без ПДВ).	361,06 коп/кВт·год	324,28 коп/кВт·год	389,18 коп/кВт·год

Підтвердженням факту та дати введення в експлуатацію об'єкта електроенергетики, у тому числі черги будівництва електричної станції (пускового комплексу), що виробляє електричну енергію з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями), є виданий уповноваженим органом сертифікат, що засвідчує відповідність закінченого будівництвом об'єкта проектній документації та підтверджує його готовність до експлуатації, або

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

zareestrovana vidpovidno do zakonodavstva deklaracia pro gotovnist ob'ekta do eksploatacii. Dlia sub'ektiv gospodaruvannia ta privatnih domogospodarstv, yakii vibrobliuot elektricnu energiu z vikoristanniam al'ternativnih dzhерел energii, «зелений» тариф vstanovliuetsia do 1 sичня 2030 roku.

Fiksovaniy minimal'nyi rozmir «зеленого» тарифу dlia sub'ektiv gospodaruvannia ta privatnih domogospodarstv vstanovliuetsia шляхом перерахування у євро «зеленого» тарифу, розрахованого за правилами цього Закону, станом на 1 сичня 2009 року за офіційним валютним курсом Національного банку України на зазначену дату.

«Зелений» тариф dlia об'єктів електроенергетики, введених в експлуатацію до 31 грудня 2024 року, та приватних домогосподарств, договір про купівлю-продаж електричної енергії з якими укладено до 31 грудня 2024 року, не може бути менший за фіксований мінімальний розмір «зеленого» тарифу, який на дату останнього у кожному кварталі засідання НКРЕКП, перераховується у національну валюту за середнім офіційним валютним курсом Національного банку України за останніх 30 календарних днів, що передують даті такого засідання. До «зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) на об'єктах електроенергетики, у тому числі на чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексах), введених в експлуатацію з 1 липня 2015 року по 31 грудня 2024 року, НКРЕКП встановлюється надбавка за дотримання на відповідних об'єктах визначеного статтею 17-3 цього Закону рівня використання обладнання українського виробництва. Надбавка до «зеленого» тарифу за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва встановлюється та підлягає застосуванню на весь строк його дії. Надбавка за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва не встановлюється до «зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.3 Очікуване виробництво електроенергії на території України в рік

З енергетичної точки зору, конструкцію фотоелектричного генератора приймають такою, що максимізує поглинання наявного річного сонячного випромінювання. Обсяги електроенергії, які фотоелектрична установка може виробляти на рік, залежать від наступних факторів:

- наявність сонячного випромінювання;
- орієнтація і нахил модулів;
- ККД фотоелектричної установки.

Виходячи з того факту, що сонячне випромінювання є змінним, для визначення обсягів електричної енергії, яку станція може генерувати в фіксованому часовому інтервалі, береться до уваги той факт, що характеристики модулів повинні бути пропорційні сонячному випромінюванню. В Україні та Європейському Союзі існують карти сонячної активності.

В табл. 1.3 наведені значення середньорічної сонячної радіації на горизонтальній поверхні в Україні [кВт.год / м²] відповідно до UNI 10349, а середнє добове значення за місяць [кВт.год / м² / день] відповідно до ENEA. На рис.1 приведено карту сонячної активності в Україні. На основі середньорічної величини сонячної радіації E_{ma} , можна отримати очікувану генеровану енергію E_p за рік на основі (1):

$$E_p = E_{ma} \cdot \eta_{BOS}, \quad (1.1)$$

де η_{BOS} – загальна ефективність усіх компонентів фотоелектричного обладнання на стороні навантаження модулів (інвертор, з'єднання, втрати внаслідок температурного ефекту, втрати через асиметрію в характеристиках, втрати через затінення і т.д.). Середня ефективність на станції, правильно спроектованій і змонтованій, може становити від 0,75 до 0,85 [9]. На рис. 1.1 показана карта сонячної активності в Україні.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Продовження таблиці 1.3

Регіон / Місяць	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середнє значення
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,9	3,26
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,36	1,04	3,55
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94

З іншого боку, беручи до уваги середню добову інсоляцію E_{mg} , для розрахунку очікуваної виробленої енергії в рік для кожного кВт·пік можна використовувати наступний вираз:

$$E_P = E_{mg} \cdot 365 \cdot \eta_{BOS}, \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{кВт} \cdot \text{рік} . \quad (1.2)$$

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ПЕРЕТВОРЕНІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1 Сонячні електростанції та їх класифікації

Сонячна електростанція - інженерна споруда, що служить перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Способи перетворення сонячної радіації різні й залежать від конструкції електростанції.

																			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата															18

Одержання електроенергії від сонця давно застосовують у всьому світі. Головне завдання науковців в цей час - необхідність так вдосконалити наявні технології, щоб якнайбільше збільшити їх ККД.

Сонячні електростанції перетворюють енергію сонячної радіації в електроенергію. Вони бувають двох видів:

- 1) фотоелектричні - безпосередньо перетворюють сонячну енергію в електроенергію за допомогою фотоелектричного генератора;
- 2) термодинамічні - перетворюють сонячну енергію в теплову, а потім в електричну; потужність термодинамічних сонячних електростанцій вища, ніж потужність фотоелектричних станцій.

Абсолютними лідерами в області сонячної енергетики є європейські країни. Сонячні електростанції забезпечують близько трьох відсотків загального виробітку електроенергії в Німеччині, Іспанії та Італії. При цьому, в найближчому майбутньому можна прогнозувати збільшення як абсолютних показників вироблення електроенергії за допомогою сонячних електростанцій, так і зростання частки сонячної енергії в загальній структурі всіх використовуваних джерел енергії. Найпотужніша сонячна електростанція світу знаходиться в штаті Арізона США, її пікова потужність 247 МВт.

Існують два основних способи перетворення сонячної енергії: термодинамічні і фотоелектричний. У першому, простому, теплоносій (найчастіше вода) нагрівається в колекторі (системі світлопоглинаючих труб) до високої температури і використовується для опалення приміщень. Частина теплової енергії акумулюється: короткостроково (на кілька днів) - тепловими акумуляторами, довгостроково (на зимовий період) - хімічними. Сонячний колектор простої конструкції площею 1 м² за день може нагріти 50-70 л води до температури 80-90°С. Використання сонячних колекторів дозволяє забезпечувати гарячою водою багато будинків в південних районах.

І все ж майбутнє сонячної енергетики - за прямим перетворенням сонячного випромінювання в електричний струм за допомогою напівпровідникових

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

фотоелементів - сонячних батарей. Ще в 30-х роках минулого століття, коли ккд перших фотоелементів ледве доходило до 1%, про це говорив засновник Фізико-технічного інституту (ФТІ) академік А. Ф. Йоффе.

Передбачення вченого втілюється в життя в кінці 1950-х років з запуском штучних супутників Землі, головним енергетичним джерелом яких стали панелі сонячних батарей. Зараз у всіх країнах світу йде активний продаж сонячних батарей.

У фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії використовується кремній з додаванням інших елементів, що утворюють структуру з р-п-переходом. Схема роботи напівпровідникового кремнієвого фотоелемента досить проста: в р-шарі напівпровідника створюється «діркова» (позитивна) провідність, а в п-шарі - електронна (негативна). На кордоні шарів виникає потенційний бар'єр, що перешкоджає переміщенню носіїв (електронів і «дірок») з одного шару в інший (в такому стаціонарному стані струм не тече по всьому напівпровіднику). Коли ж на фотоелемент падає світло (потік фотонів), фотони, поглинаючись, створюють пари електрон-«дірка», які, підходячи до кордону шарів, знижують потенційний бар'єр, даючи можливість носіям безперешкодно проходити з шару в шар. У напівпровіднику виникає наведена електрорушійна сила (ЕРС), і він стає джерелом електричного струму. Величина фото-ЕРС буде тим більша, чим інтенсивніше світловий потік.

2.2 Типи сонячних електростанцій

Усі сонячні електростанції (СЕС) поділяють на декілька типів:

- СЕС баштового типу;
- СЕС тарілкового типу;
- СЕС, що використовують фотобатареї;
- СЕС, що використовують параболічні концентратори;
- комбіновані СЕС.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.2.1 СЕС баштового типу

Дані електростанції засновані на принципі отримання водяної пари за допомогою сонячної радіації. На рис. 2.1 показана сонячна електростанція баштового типу. У центрі станції стоїть вежа заввишки від 18 до 24 метрів (залежно від потужності та інших параметрів висота може бути більше або менше), на вершині якої резервуар із жовтою водою. Цей резервуар покритий чорним кольором для поглинання теплового випромінювання. Також у цій вежі перебуває насосна група, що постачає пар на турбогенератор, який перебуває поза вежею. По колу від вежі на деякій відстані розташовуються геліостати. Геліостат - дзеркало площею кілька кв. метрів, закріплене на опорі і підключене до спільної системи позиціонування. Тобто, залежно від становища сонця, дзеркало змінюватиме свою орієнтацію у просторі. Основна та трудомістка задача - це позиціонування всіх дзеркал станції на те, щоб у будь-яку мить усі відбиті промені від них потрапили на резервуар. У ясний сонячний день температура в резервуарі може становити 700 градусів. Такі температурні параметри використовуються у більшості традиційних теплових електростанцій. Для отримання енергії використовуються стандартні турбіни. Фактично на станціях подібного типу можна отримати порівняно великий ККД (близько 20 %) і високі потужності.

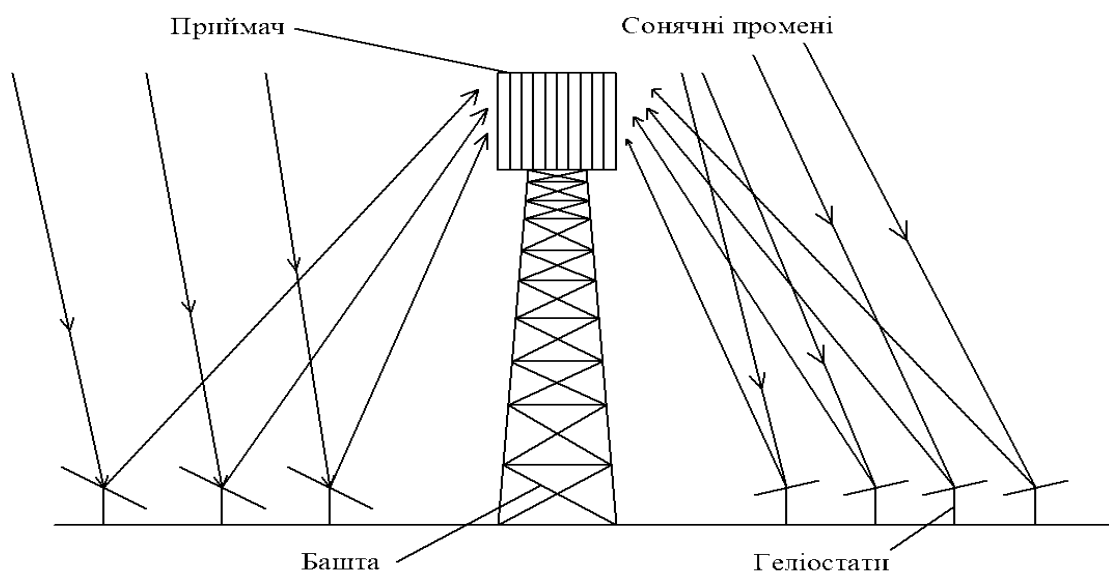


Рисунок 2.1 - Сонячна електростанція баштового типу

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Перша баштова електростанція під назвою "Solar One" поблизу Барстоу (Південна Каліфорнія) з успіхом продемонструвала застосування цієї технології для виробництва електроенергії. Підприємство працювало в середині 1980-х. На ньому використовувалася водно-парова система потужністю 10 МВт. У 1992 р. консорціум енергетичних компаній США прийняв рішення модернізувати "Solar One" для демонстрації приймача на розплавлених солях і теплоакumuлюючої системи. Завдяки акумуляції тепла баштові електростанції стали унікальною геліотехнологією, що дозволяє диспетчеризацію електроенергії при коефіцієнті навантаження до 65%. У такій системі розплавлена сіль закачується з "холодного" бака при температурі 288 °С і проходить через приймач, де нагрівається до 565 °С, а потім повертається в "гарячий" бак. Тепер гарячу сіль у міру потреби можна використовувати для вироблення електрики. У сучасних моделях таких установок тепло зберігається протягом 3 - 13 годин.

«Solar Two» - баштова електростанція потужністю 10 МВт в Каліфорнії - це прототип великих промислових електростанцій. Вона вперше дала електрику в квітні 1996 р., що стало початком 3-річного періоду випробувань, оцінки та дослідного вироблення електроенергії для демонстрації технології розплавлених солей. Сонячне тепло зберігається в розплавленій солі при температурі 550° С, завдяки чому станція може виробляти електрику вдень і вночі, в будь-яку погоду. Успішне завершення проекту "Solar Two" має сприяти будівництву таких веж на промисловій основі в межах потужності від 30 до 200 МВт.

У Криму ще було побудовано СЕС такого ж типу в Щолкіно як резервне джерело електрики для планованої там АЕС. Але, за великим рахунком, ця станція була експериментальна - її потужність 5 МВт. При експлуатації цієї станції виявили безліч труднощів. Один із них - система позиціонування відбивачів практично цілком (95 %) витрачала енергію, яку вироблено станцією. Також виникали проблеми з очищенням дзеркал. Невдовзі ця станція припинила своє існування й була розкрадена.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.2.2 СЕС тарілчатого типу

Цей тип СЕС використовує принцип отримання електроенергії, схожий з таким як у башенних СЕС, але є відмінності у конструкції самої станції. Станція складається з окремих модулів. Модуль складається з опори, на яку кріпиться форменна конструкція приймача і відбивача. Приймач перебуває в деякому віддаленні від відбивача, у ньому концентруються відбиті промені сонця. Відбивач складається з дзеркал у вигляді тарілок (звідси назва), радіально розташованих на опорі. Діаметри цих дзеркал досягають 2-х метрів, а кількість дзеркал - кілька десятків (залежно від потужності модуля). Такі станції можуть бути як з одного модуля (автономні), так і з кількох десятків (робота паралельно з мережею). На рис. 2.2 показана сонячна електростанція тарілкового типу.

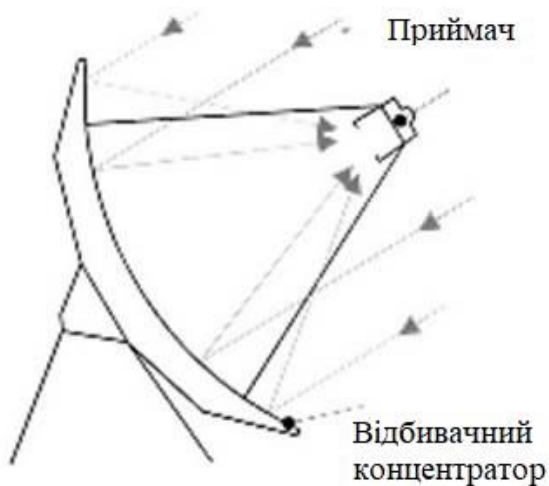


Рисунок 2.2 - Сонячна електростанція тарілкового типу

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

2.2.3 СЕС, що використовують фотобатареї

СЕС цього типу нині дуже поширені, позаяк у загальному випадку СЕС складається з значної частини окремих модулів (фотобатареї) різної потужності і вихідних параметрів. Дані СЕС широко застосовуються для енергозабезпечення як малих, так і великих об'єктів (приватні котеджі, пансіонати, санаторії, промислові споруди тощо). Встановлюватись фотобатареї можуть практично скрізь, починаючи з покрівлі і фасаду і до спеціально виділених територій. Встановлені потужності теж коливаються широтою діапазону, починаючи з постачання окремих насосів, закінчуючи електропостачанням невеликого селища.

Сонячні фотоелектричні системи прості в обігу і не мають рухомих механізмів, проте самі фотоелементи містять складні напівпровідникові пристрої, аналогічні використуваним для виробництва інтегральних схем. В основі дії фотоелементів лежить фізичний принцип, при якому електричний струм виникає під впливом світла між двома напівпровідниками з різними електричними властивостями, що знаходяться в контакті один з одним. Сукупність таких елементів утворює фотоелектричну панель, або модуль. Фотоелектричні модулі, завдяки своїм електричним властивостям, виробляють постійний, а не змінний струм. Він використовується в багатьох простих пристроях, що живляться від батарей. Змінний же струм, навпаки, змінює свій напрямок через регулярні проміжки часу. Саме цей тип електрики поставляють енерговиробники, він використовується для більшості сучасних приладів та електронних пристроїв. У найпростіших системах постійний струм фотоелектричних модулів використовується безпосередньо. Там, де потрібен змінний струм, до системи необхідно додати інвертор, який перетворює постійний струм у змінний. На рис. 2.3 показана сонячна електростанція з використанням фотоелектричних елементів.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Рисунок 2.3 – Сонячна електростанція на фотоелектричних елементах

Сонячні панелі є основним компонентом для побудови фотоелектричних систем. Збираються вони з окремих сонячних елементів, принцип роботи яких побудований на основі явища внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках. У фотоелектричних перетворювачах сонячної енергії використовується кремній з добавками інших елементів, що утворюють структуру з р-п -переходом. Причому товщина напівпровідника не перевищує 0,2-0,3 мм.

Кремній, з якого виготовляються сонячні елементи, називають "нафтою 21-го століття". Розрахунки показують, що сонячний елемент з ККД 15 %, на які пішло 1 кг кремнію, за 30 років служби можуть зробити 300 МВтгодин електроенергії. Рівну кількість електроенергії можна отримати, витративши 75 т нафти (з урахуванням ККД теплоелектростанцій 33 % і теплотворній здатності нафти 43,7 МДж/кг). Таким чином, 1 кг кремнію виявляється еквівалентний 75 т нафти.

Залежно від того, яким чином організовані атоми кремнію в кристалі, сонячні елементи діляться на види:

- Сонячні модулі з монокристалічного кремнію.
- Сонячні елементи з полікристалічного кремнію.
- Сонячні елементи з аморфного кремнію.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

2.2.4 СЕС, що використовують параболічні концентратори

Принцип роботи даних СЕС залежить від нагрівання теплоносія до параметрів, придатних до використання у турбогенераторі.

Конструкція СЕС: на форменній конструкції встановлюється параболічне дзеркало великої довжини, а в фокусі параболі встановлюється трубка, через яку тече теплоносій (найчастіше олія). Пройшовши весь шлях, теплоносій розігрівається й у теплообмінних апаратах віддає теплоту воді, яка перетворюється на пару і потрапляє в турбогенератор. На рис. 2.4 показана сонячна електростанція з параболічним концентратом.

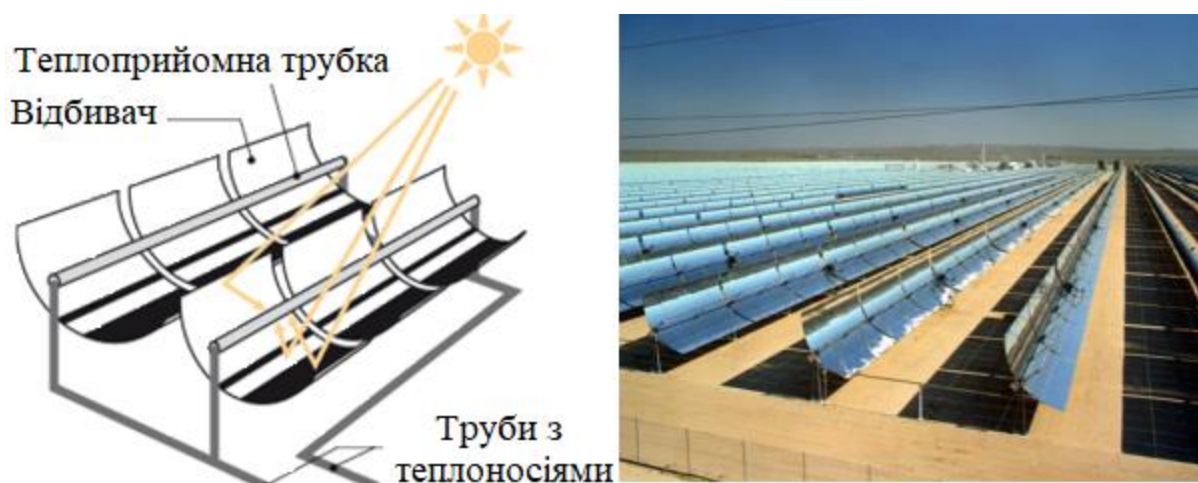


Рисунок 2.4 - Сонячна електростанція з параболічним концентратом

2.2.5 Комбіновані СЕС

Часто на СЕС різних типів додатково встановлюють теплообмінні апарати щоб одержати тепло, що використовується як для технічних потреб, так і для гарячого водопостачання та опалення. У цьому сутність комбінованих СЕС. На одній території можлива паралельна установка концентраторів і фотобатарей, що теж вважається комбінованою СЕС.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3 СИСТЕМИ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Приймачами електроенергії власних потреб (ВП) підстанції є : електродвигуни системи охолодження трансформаторів; пристрої обігріву масляних вимикачів (якщо підстанція не переобладнана на нові елегазові вимикачі або на вакуумні вимикачі) та шаф розподільних пристроїв з встановленими у них апаратами та приладами ; електричне освітлювання та опалення приміщень і освітлення території підстанції. Найбільш відповідальними приймачами ВП є пристрої системи управління, релейного захисту, сигналізації, автоматики та телемеханіки. Від цих приймачів ВП залежить робота основного обладнання підстанції. Припинення живлення цих пристроїв, навіть короткочасно, призводить до часткового або повного припинення роботи підстанції. На підстанції також є невідповідальні приймачі власних потреб, для яких перерив в електропостачанні не викликає відключення або зниження потужності підстанції.

Для електропостачання споживачів ВП підстанції передбачаються трансформатори власних потреб (ТВП) з вторинною напругою 380/220 В, які отримують електроенергію від збірних шин РП-6(10) кВ, а на тягових підстанціях від шин РП- 27,5 кВ або РП-35 кВ (на тягових підстанціях постійного струму с первинним напругою 35 кВ) [5]. Така схема живлення має свої недоліки, які полягають в порушенні електропостачання при пошкодженні на шинах РП, від якого живляться ТВП. Саме із-за цієї проблеми віддають перевагу підключати ТВП до виведення нижчої напруги головних понижуючих трансформаторів – на ділянках між трансформатором та вимикачем.

При груповому живленні споживачі потребляють електроенергію від щитків, які знаходяться у місці знаходження групи споживачів та підключених одним кабелем к шинам ВП. При цьому знижується витрата кабелю, але з'являються додаткові витрати на щитки, та зменшується надійність, так як із-за ушкодження кабелю відключаються всі споживачі які під'єднані до щитка. Найбільш раціональний

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

вибором являється змішане живлення , при якому відповідальні споживачі живляться безпосередньо від шин ВП, а все інші від – від щитків .[6]

Також на тягових підстанціях від шин ВП отримують електроенергію пристрої СЦБ залізниць, чергові пункти районів контактної мережі, суміщенні с тяговими підстанціями , а також майстерні тягових підстанцій .

На тягових підстанціях усіх типів, окрім опорних на напругу в 110-220 кВ, зазвичай встановлюють по два ТВП потужністю 250-400 кВА кожний. На опорних підстанціях 110-220 кВ, для підігріву масляних вимикачів використовують два допоміжних ТВП потужністю 250-400 кВА для підігріву[6].

Загальне навантаження власних потреб тягових підстанцій з урахуванням живлення ланцюгів підігріву вимикачів, електроопалення будівель підстанції, електропостачання пристроїв СЦБ та споживачів чергового пункту контактної мережі , приблизно досягає 1400 кВА (в залежності від обладнання) на опорних підстанціях 220 кВ , близько 1000 кВА – на опорних станціях 100 кВ , 400-800 кВА - на транзитних підстанціях напругою 110-220 кВ. При цьому потужність живлення пристроїв СЦБ досягає 100 кВА на одну підстанцію, потужність підігріву вимикачів – від 25 до 600 кВА , в залежності в кількості вимикачів , приблизно 60 кВА – потужність для опалення будівель на підстанціях постійного струму , та приблизно 140 кВА – на підстанціях змінного струму, 4-6 кВА – освітлення в будівлі підстанції, та приблизно 35 кВА – освітлення відкритої території підстанції[5] .

3.1 Схема живлення власних потреб підстанцій змінного струму

На рис. 3.1 показана структурна схема РП власних потреб з двома основними трансформаторами власних потреб та дизель - генератором.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

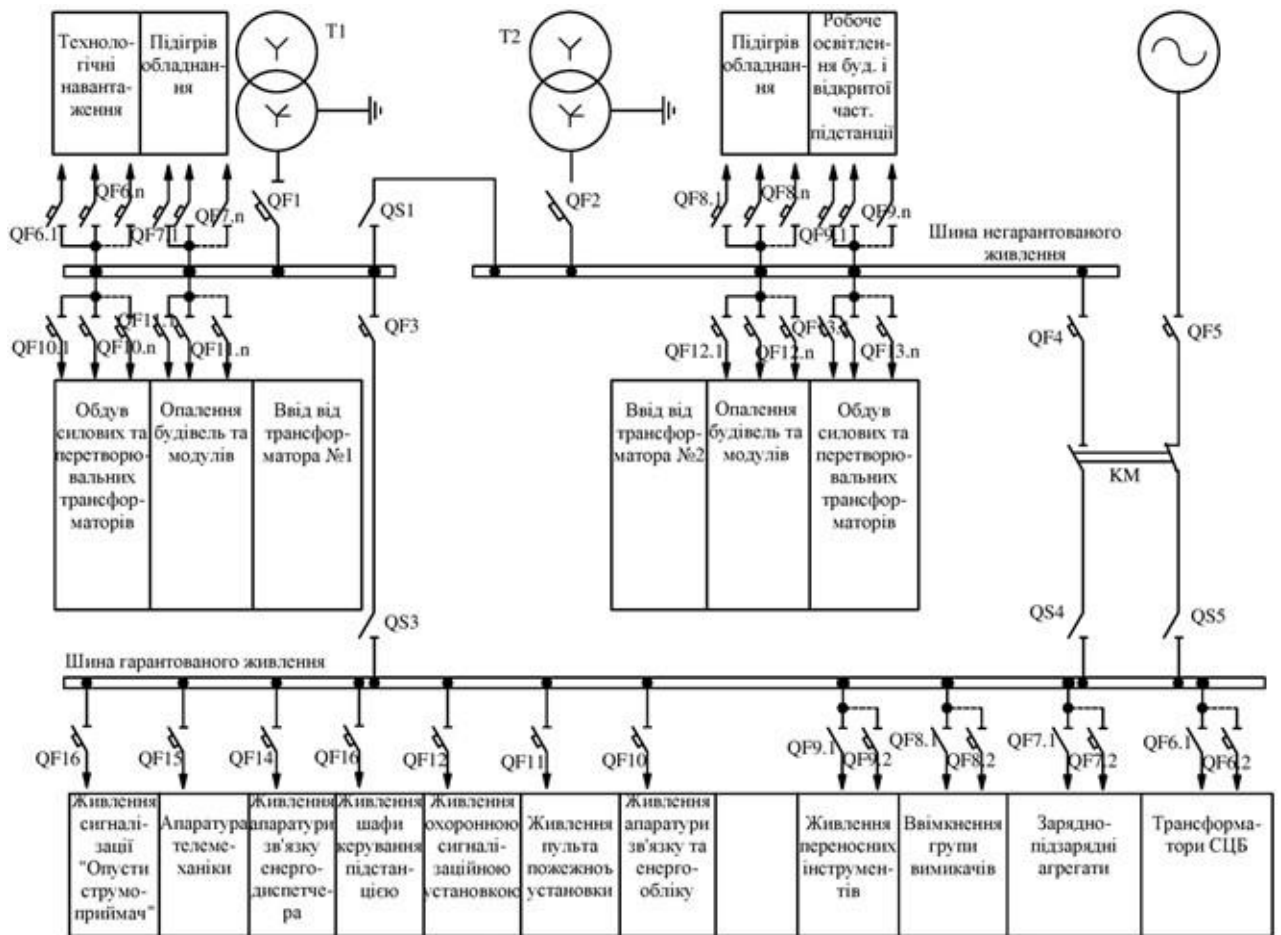


Рисунок 3.1 Структурно - функціональна схема РП власних потреб з двома основними трансформаторами власних потреб та дизель - генератором.

Для живлення сукупності допоміжних пристроїв і електричної частини тягових підстанцій, що відноситься до них і лінійних пристроїв тягового електропостачання на кожній тяговій підстанції передбачається мережа власних потреб струму до 1000 А.[6]

Для живлення власних потреб знов споруджуваних й реконструйованих тягових підстанцій передбачається трифазна мережа змінного струму із системою струмоведучих провідників і заземлення TN-S по ГОСТР-50571.2 номінальною напругою 0,4 кВ.

Обмотки вищої напруги ТВП підключаються через вимикачі до різних

секцій збірних шин трифазних розподільних пристроїв 6,10 або 35 кВ. При наявності на одній і тій же підстанції декількох розподільних пристроїв зазначених класів напруг перевага повинна віддаватися розподільним пристроям напругою до 10 кВ включно. Якщо розподільних пристроїв зазначених напруг на підстанції не передбачено, то ТВП підключають до збірних шин 25 кВ або 2х25 кВ.[4]

Вимикачі обладнані автоматичним включенням резерву (АВР) . Як джерело живлення для мережі власних потреб на тягових підстанціях із двома понижувальними трансформаторами встановлюють не менше двох ТВП. При відключенні будь-якого ТВП потужність тих, що залишилися в роботі повинна забезпечити, з урахуванням навантажувальної здатності трансформаторів, живлення всіх споживачів ВП.

На підстанціях слабо завантажених ліній допускається встановлювати один трансформатор ВП з резервуванням оперативної напруги 380/220 В по ПЛ повздовжнього електропостачання від сусідньої підстанції, або від інших незалежних джерел. Потужність джерел повинна забезпечувати роботу кіл керування, захисту та апаратуру телемеханіки та зв'язку. Потужність визначається за навантаженням на п'ятий рік експлуатації , так становить :

- на тягових підстанціях за вищою напругою до 35 кВ:
 - 1) для основних ТВП – 250 кВА;
 - 2) для резервних ТВП - 160 кВА;
- на тягових підстанціях з вищою напругою 110 кВ або 220 кВ:
 - 1) для основних ТВП – 400 кВА;
 - 2) для резервних ТВП – 250 кВА;[6]

Саме цьому живлення СЦБ здійснюється від шин власних потреб змінного струму. Напругою 380 В підвищують трансформатором до 10 кВ і подають на спеціальні шини 10 кВ, від яких по фідерах 10 кВ напруга надходить до відповідних ділянок живлення .

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

На тягових підстанціях тих ділянок залізниць, які обладнанні лінією електропередачі основного живлення автоблокування, резервне живлення передбачається від генераторних агрегатів потужністю на менш 60 кВт . ДГА встановлюється в іншому приміщенні. Для надійної роботи запуск повинен бути автоматичний від пристроїв, що контролюють тривалість відсутності напруги на шинах власних потреб . Для більш надійнішого використання рекомендується запускати ДГА один раз на неділю, до 20 хвилин роботи. Потужність дизель – генераторного агрегату повинна бути достатньою для забезпечення одночасної роботи :

- всіх ліній , що відходять від підстанції , електропередачі напруги понад 1000 В основне живлення СЦБ до суміжних підстанцій;
- пристроїв релейного захисту й автоматики всіх приєднань підстанції;
- пристроїв телекерування , телесигналізації й телевимірювання;
- пристроїв енергодиспетчерського зв'язку даної підстанції;
- зарядно – підзарядних агрегатів;
- пристрої дистанційного керування секційними роз'єднувачами контактної мережі й лінії електропередачі , керованих з даної тягової підстанції;
- пристроїв підігріву комплектуючих апаратів РП напругою вище 1000 В;

Час не обслуговуваної роботи дизель – генераторного агрегату повинен бути не менше 24 годин.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Мережа власних потреб тягових підстанцій складається з кабелів , що з'єднують трансформатори власних потреб і дизель – генераторний агрегат з розподільним пристроєм власних потреб, а також електропроводи , що з'єднують розподільний пристрій власних потреб із приймачами через автоматичні вимикачі для захисту мережі окремих ділянок від коротких замикань. Передбачається по одному автоматичному вимикачу в місцях приєднання відгалужених на кожний приймач. У мережі ВП передбачені стаціонарні прилади, що показують, клас точності «5» для виміру : фазної та лінійної напруги на кожній зі збірних шин , лінійної напруги у всіх фазах на ділянці кола між дизель – генератором і автоматичним вимикачем .

Мережа власних потреб змінного струму 380/220 В обладнана пристроєм постійного контролю ізоляції. Пристрій постійного контролю ізоляції забезпечує подачу сигналу при зниженні ізоляції нижче встановленого значення.

Розподільчий пристрій енергії на підстанції складається із шаф власних потреб змінного струму :

- шафи трансформатора ВП №1;
- шафи трансформатора ВП №2;
- шафи трансформатора СЦБ;
- шафи секційного;
- шафі відходящих ліній.

Живлення споживачів власних потреб змінного струму в РП 3,3 кВ здійснюється через ізолювальні трансформатори . При такому способі живлення виключається можливість влучення 3,3 кВ у коло власних потреб при пробіі ізоляції в РП – 3,3 кВ.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

3.2 Схема живлення власних потреб підстанцій постійного струму

На рис. 3.2 показана схема живлення власних потреб підстанції постійного струму.

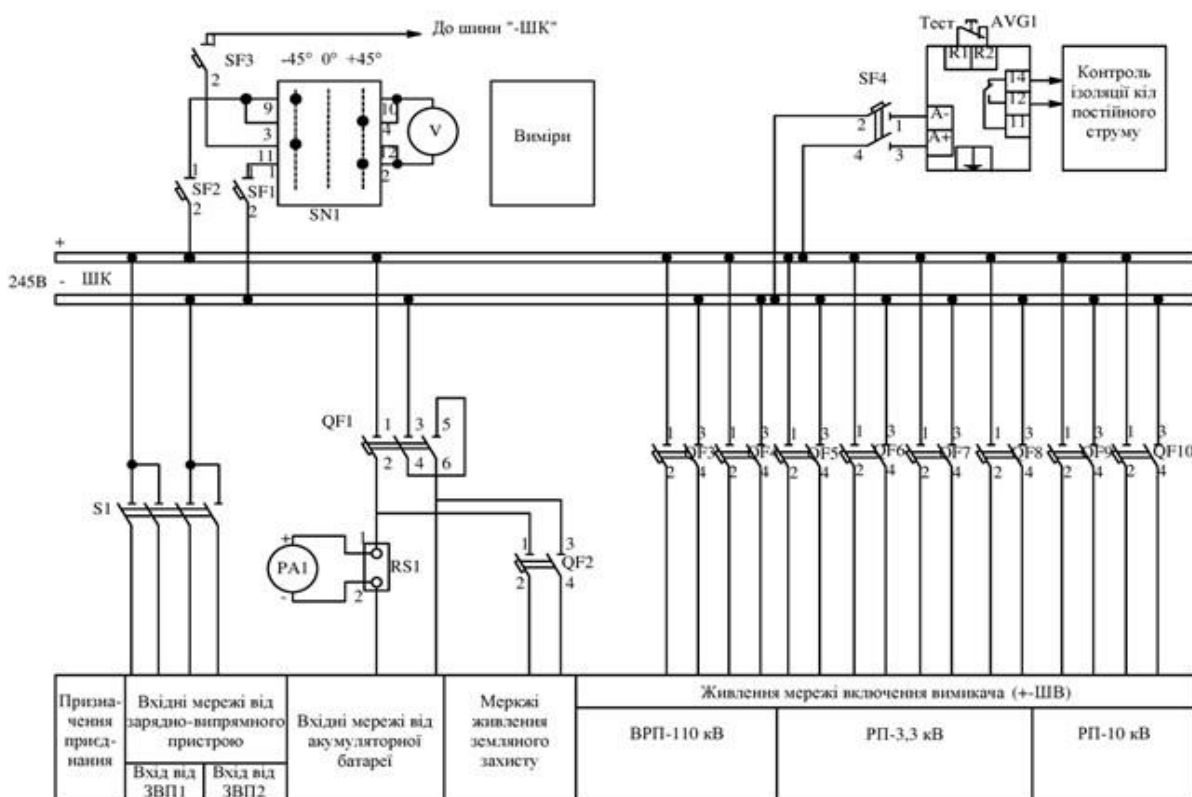


Рисунок 3.2. - Схема живлення власних потреб підстанції постійного струму.

На знов споруджених й реконструйованих тягових підстанціях застосовується мережа постійного струму напругою 220 В. На тягових підстанціях, які не підлягають реконструкції допускається застосовувати систему постійного оперативного струму напругою 110 В. До системи постійного оперативного струму підключаються наступні навантаження :

- пристрої захисту й автоматики всіх приєднань;
- загальнопідстанційна сигналізація;
- аварійне освітлення будинків;
- апаратура зв'язку (резервне живлення);
- охорона й пожежна сигналізація (резервне живлення);

- апаратура телемеханіки;
- вхідні кола логічних реле земляного захисту (тільки для тягових підстанцій постійного струму й стикових);
- блокування (на всіх тягових підстанціях);
- включаючі котушки вимикачів змінного струму з електромагнітним приводом (тільки на реконструйованих підстанціях;
- включаючі котушки вимикачів постійного струму (тільки на тягових підстанціях і стикових).

Напруга на шинах ВП постійного струму подається від автономного джерела живлення акумуляторної батареї й зарядно – підзарядних пристроїв (ЗПП). Акумуляторна батарея комплектом виводів з'єднана автоматичним вимикачем зі збірними шинами включення (ШВ) напругою 245 В . Перевищення напруги проти номінального 220 В необхідно для забезпечення номінальної напруги на затисках котушки включення внаслідок втрати напруги при протіканні струму включення від шин 245 В через автоматичні вимикачі, що живлять коло включення вимикачів РП 10, 27,5 , 35 кВ кола двигунів приводів роз'єднувачів і вимикачів ВРП – 110 кВ. Живлення кожного із приєднань двостороннє.[5]

Надійна робота кіл керування сигналізації й захист залежить від надійної ізоляції шин постійного струму. Для автоматичного контролю ізоляції шин постійного струму й сигналізації про замикання на землю встановлюється реле контролю ізоляції . Вольтметр з перемикачем служить для виміру напругу на кожній із секцій збірних шин постійного струму . Для виміру струму в одному з полюсів комплексу виводів акумуляторної батареї передбачений амперметр .

3.3 Режим роботи акумуляторної батареї

При нормальній роботі підстанції акумуляторна батарея й відповідні перетворювачі включені паралельно . Навантаження мережі постійного струму становлять лише сигнальні лампи положення комутаційних апаратів і реле з

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

підтягнутим якорем. Відповідні цьому навантаження тривалий струм нормального режиму приймає на себе перетворювач, приєднаний до мережі власних потреб змінного струму 380/220 В . Батарея заряджена, але є також споживачем енергії . Через неї проходить невеликий підзарядний струм, що компенсує саморозряд. Час від часу при спрацьовуванні приводів вимикачів на тривалій струм накладаються струми , на які перетворювач не розрахований. Ці короточасні струми приймає на себе батарея , на короткий час вона переходить у режим розряду .

Під режимом роботи акумуляторної батареї розуміють метод її заряду й метод розряду. Тобто застосовують метод «постійного підзаряду». Сутність його полягає в тім, що спочатку акумуляторну батарею заряджають вів дох зарядно-підзарядних пристроїв (ЗПП) до відповідної величини ємності й стійкої напруги на один елемент для даного типу акумуляторів. Після цього акумуляторна батарея й один ЗПП працюють паралельно на навантаження підключених споживачів. Робота акумуляторної батареї по режиму постійного підзаряду забезпечує надійність живлення оперативних кіл , тому що батарея перебуває завжди в зарядженому стані .[5]

4 ВИТРАТИ ПІДСТАНЦІЇ НА ВЛАСНІ ПОТРЕБИ

За приклад обчислення значень нормативних витрат електроенергії на власні потреби підстанції оберемо тягову підстанцію «Д», яка живиться напругою 35 кВ.

На даній підстанції встановлене наступне обладнання:

- трансформатори типу ТМ-1000/35 – 3шт;
- вимикачі типу ВМП-35 – 7шт., ВМД-35 – 3шт.;
- трансформатори власних потреб типу ТМ-100/6;
- оперативний струм – постійний.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Відповідно до інструкції з нормувань витрат електроенергії на власні потреби підстанцій розраховуємо складові значення нормативних витрат електроенергії. Розрахунки проводяться у програмі PVsyst_7.0.

Обчислення значень нормативних витрат електроенергії на обігрів устаткування A_o на місяці розрахункового періоду розраховуються за наступною формулою:

$$A_o = \sum_{i=1}^n A_{oi} \cdot k_i \cdot k_{M2}, \quad (4.1)$$

де A_{oi} - норма витрат електроенергії на одиницю однотипного устаткування, тис. кВт.год ;

k_i - кількість одиниць однотипного устаткування;

n - кількість типів устаткування;

k_{M2} - коефіцієнт розподілу значень складових річних норм для обігріву устаткування.

Значення складових норм витрат електроенергії на системи керування підстанцією теж нормуються, для підстанцій напругою 35кВ вони мають наступні значення:

- на зарядно-підзарядні пристрої - 3,3 тис. кВт * год зарік;
- на вентиляцію приміщення акумуляторної - 1,5 тис. кВт * год зарік;
- на апаратуру зв'язку і телемеханіки - 1,9 тис. кВт·год за рік.

$$A_{кер} = 3.3+1.5+1.9 = 6.7 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год за рік.} \quad (4.2)$$

Значення нормативних витрат електроенергії на власні потреби підстанції 35 кВ розраховують за формулою:

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$A_{\text{вппс}} = A_{\text{зп}} + A_{\text{о}} + A_{\text{кер}} + \Delta A_{\text{трвп}} \sum. \quad (4.3)$$

$$A_{\text{вппс}} = 16.9 + 0.1 + 8.44 + 7.31 = 32.75 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год за рік}$$

Бачимо що за рік витрати на власні потреби складають досить великі числа, тому бажано підключити до підстанції альтернативні джерела у вигляді фотоелектричних панелей. На рис. 4.1-8 зображені показники добового споживання електроенергії працівниками підстанції в залежності від пори року.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

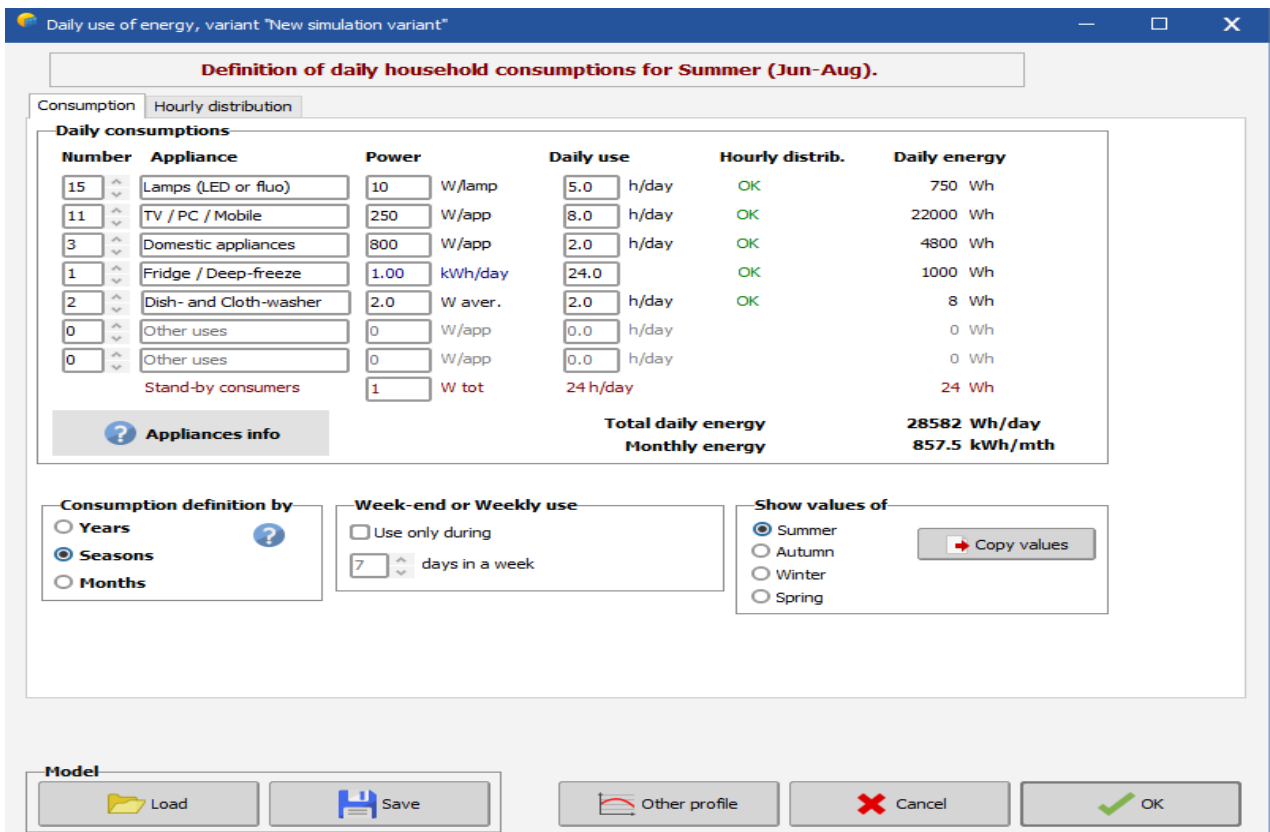


Рисунок 4.1 – характеристики електроприборів сезон літо.

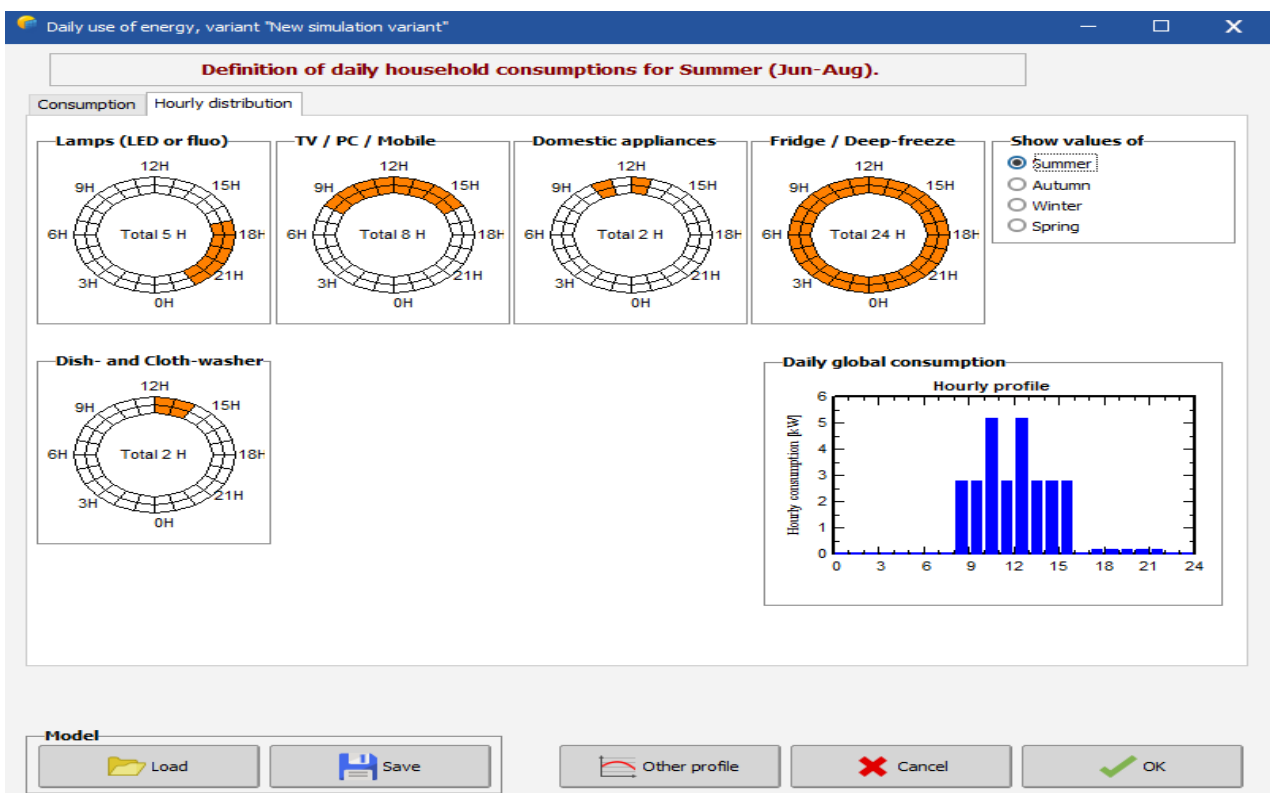


Рисунок 4.2 – показники добового споживання електроенергії для працівників сезон літо.

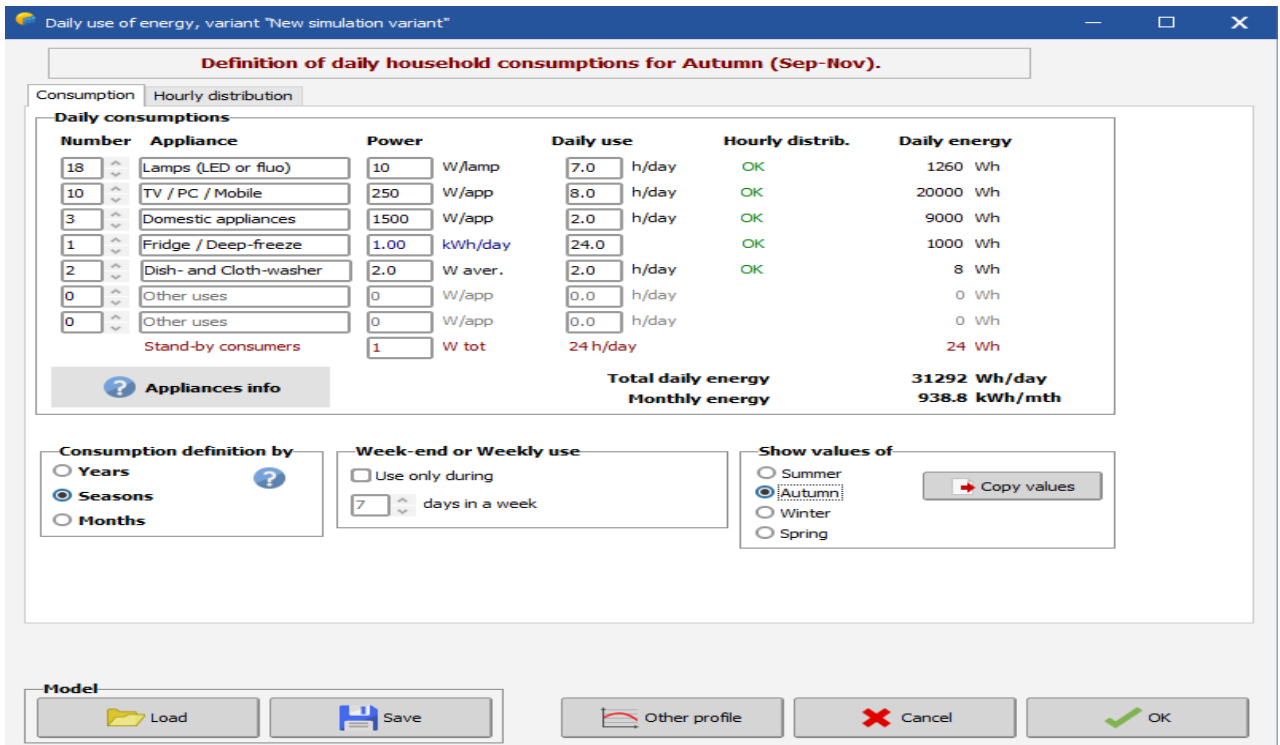


Рисунок 4.3 – характеристики електроприборів сезон осінь.

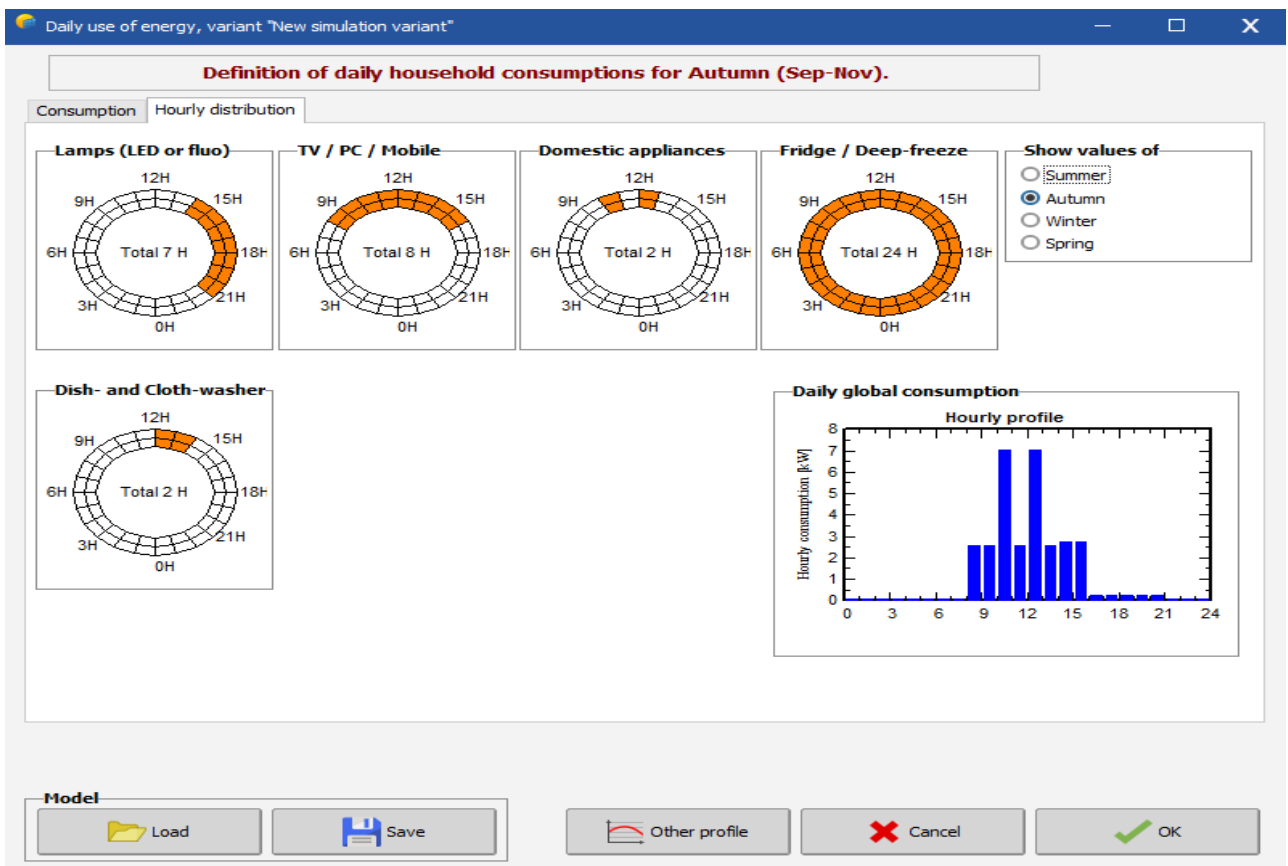


Рисунок 4.4 – показники добового споживання електроенергії для працівників сезон осінь.

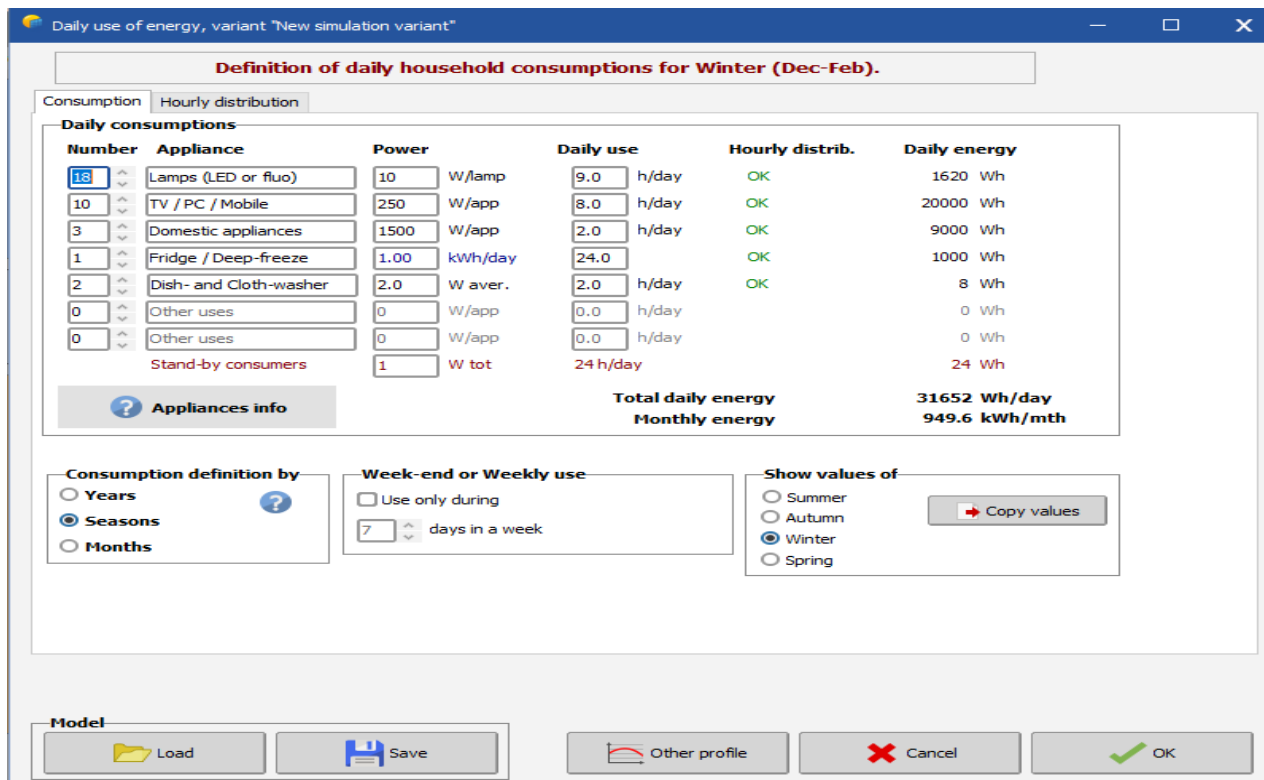


Рисунок 4.5 – характеристики електроприборів сезон зима.

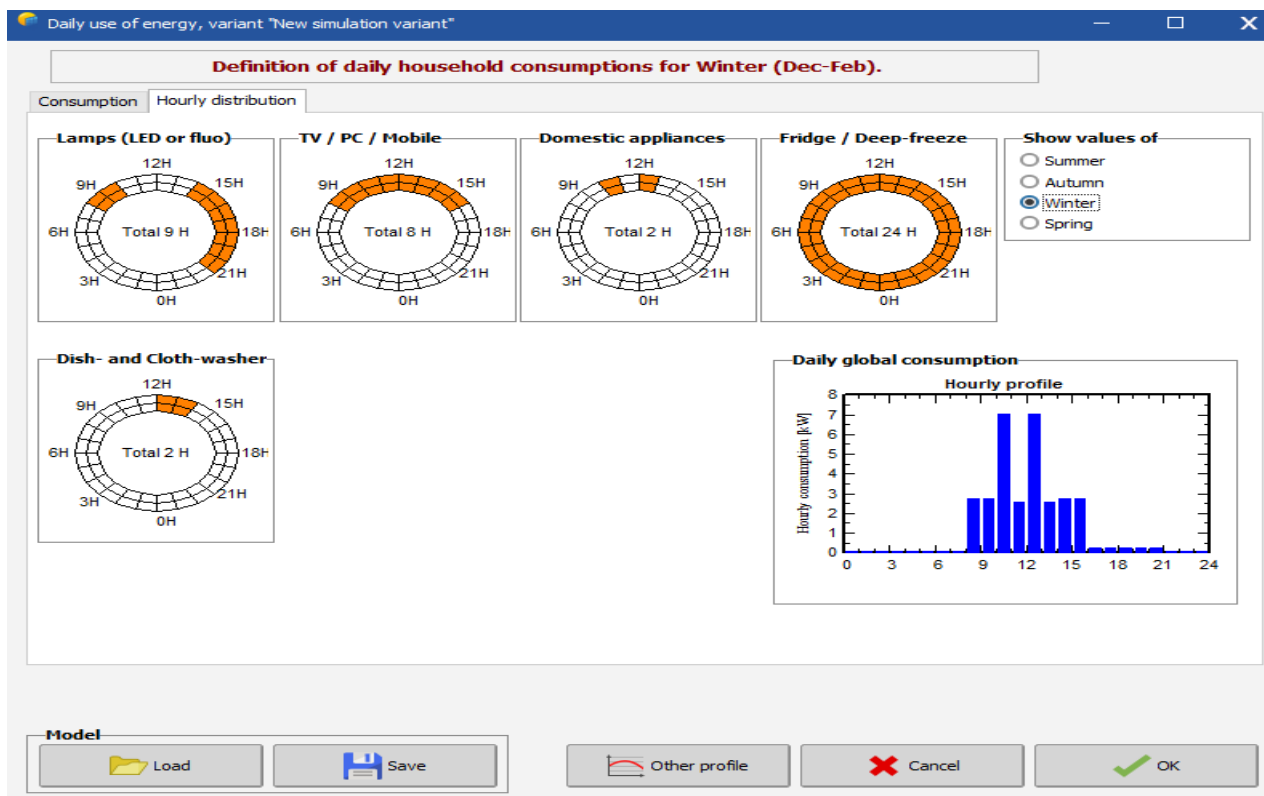


Рисунок 4.6 – показники добового споживання електроенергії для працівників сезон зима.

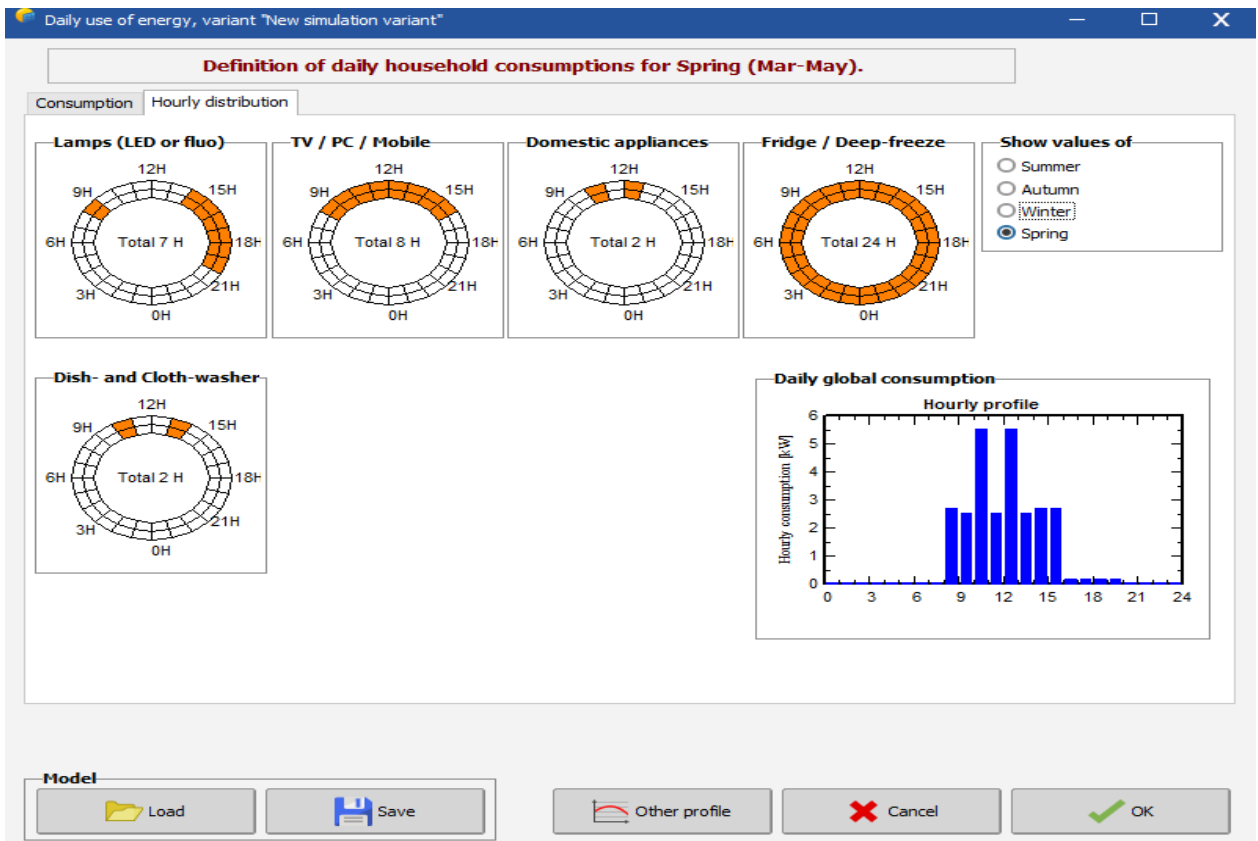


Рисунок 4.7 – характеристики електроприборів сезон весна.

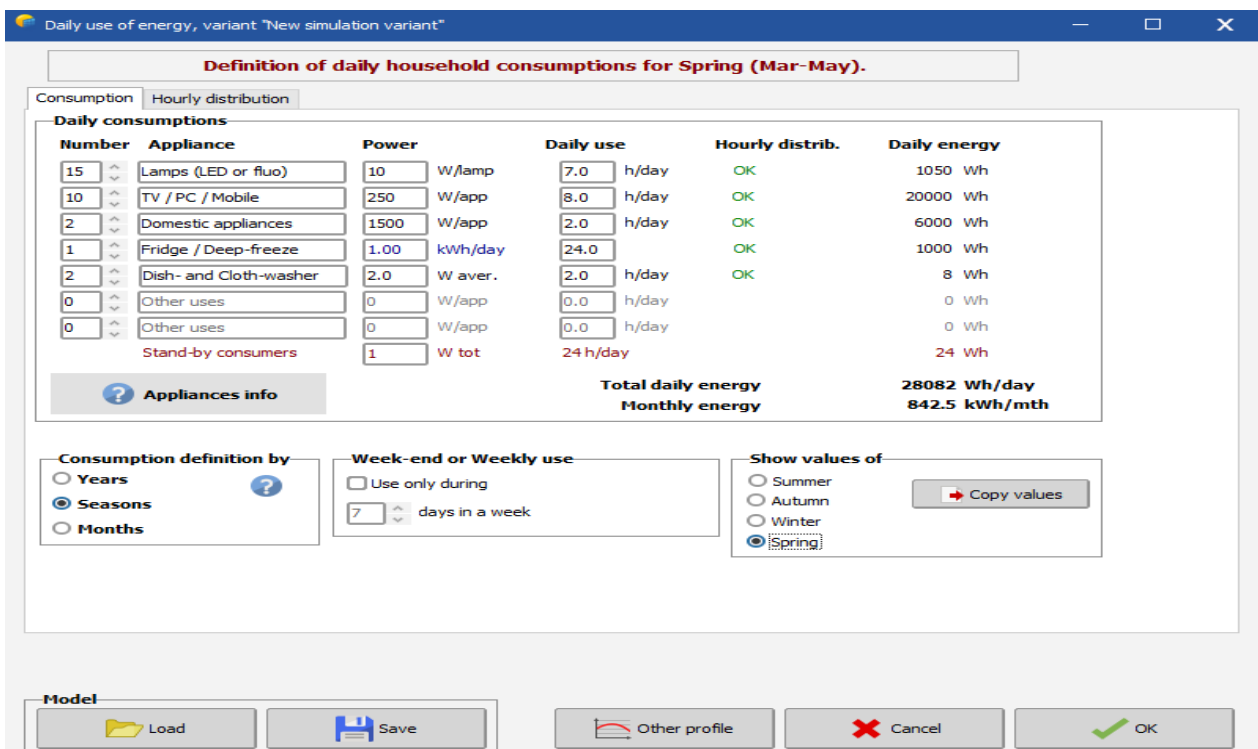


Рисунок 4.7-8 – показники добового споживання електроенергії для працівників сезон весна.

5 ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ

Сучасні фотоелектричні системи складаються з декількох елементів: кабелі, підтримуюча структура і, в залежності від типу системи, електронний інвертор і контролер заряду з акумуляторною батареєю. Така система в цілому називається сонячною фотоелектричною системою, або сонячною станцією (рис5.1).

Typical layout of a stand-alone system

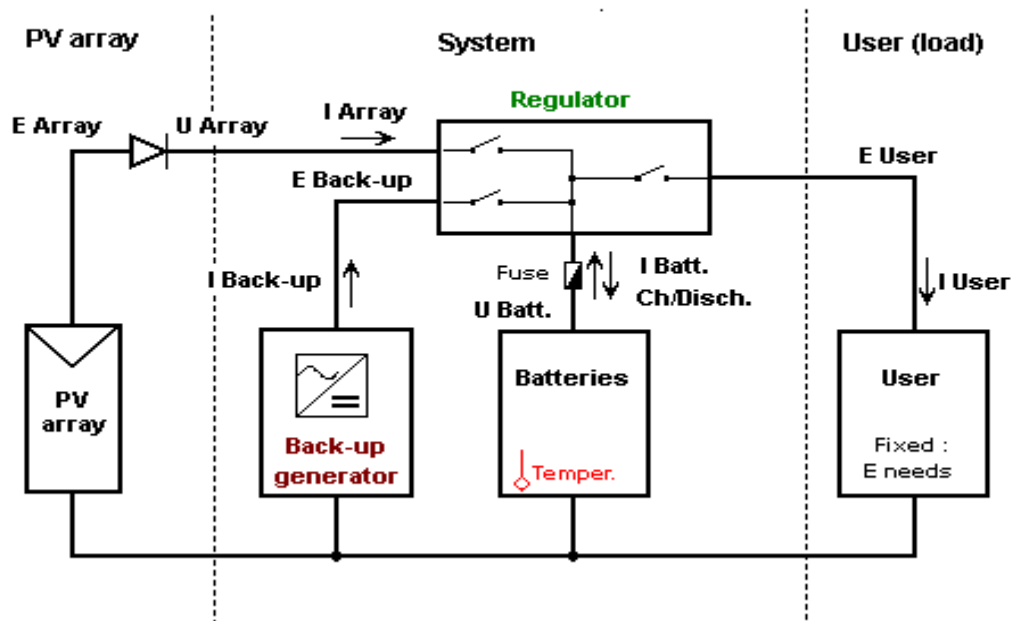


Рисунок 5.1 – Схема фотоелектричної станції для споживачів власних потреб тягової підстанції.

Є три основних типи фотоелектричних систем:

- автономні системи;
- системи, сполучені з електричною мережею;
- резервні системи.

Розглянемо останній варіант , тому що він найкраще підходить для підстанцій за своєю надійністю роботи. У сонячну погоду джерелом електроенергії є сонячна батарея, що заряджає акумуляторну батарею.

Як тільки батарея має повний заряд, сонячний або вітряний генератор

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

перериває роботу. Інвертор перетворює постійний струм в змінний струм напругою 220 В. Таким чином забезпечується можливість постачання електроенергії до споживачів власних потреб.

Система складається з фотоелектричних модулів (PV-генератор), контролера, акумуляторної батареї, кабелів, інвертора, навантаження і підтримуючої структури.

Необхідна надійність роботи навіть у надзвичайно агресивних несприятливих погодних умовах гарантується при використанні дизельного генератора. ЕОМ здійснює контроль і управління цілою системою, в першу чергу для того, щоб гарантувати максимальну ефективність використання генерованої енергії.

Для отримання необхідної потужності та робочої напруги, модулі поєднують у батарею послідовно або паралельно. Таким чином отримують фотоелектричний генератор. Чим ретельніше підібрані модулі в батареї (або чим менше розходження в характеристиках модулів), тим менше втрати на неузгодженість. Наприклад, при послідовному з'єднанні десяти модулів з розкидом характеристик 10 % втрати становлять приблизно 6 %, а при розкиді 5 % – зменшуються до 2 %.

Щоб захистити батарею від надлишкової розрядки, навантаження повинна бути відключена, коли напруга батареї падає нижче напруги відключення. Навантаження не повинна підключатися до моменту, коли напруга не зросте до певного порогу (напруги підключення).

Деякі виробники включають у набір функцій регулятора керування перезарядку для вирівнювання напруги на акумуляторах батареї.

У регуляторах можуть бути передбачені наступні види захисту:

- від короткого замикання в навантаженні;

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- від підключення акумуляторної батареї зворотної полярності;
- температурна компенсації значень порогових напруг (це буває необхідно, якщо передбачається експлуатація батарей при температурах нижче мінус 10 °С).

Фотоелектрична станція, підключена до енергосистеми, що поставляє споживчу електроенергію, може бути представлена у спрощений спосіб за схемою на рис. 5.2. Мережа живлення (передбачається, що вона має нескінченну потужність короткого замикання) схематизується за допомогою генератора ідеальної напруги, величина якої не залежить від умов навантаження на заводі-виробнику. Навпаки, фотоелектричний генератор представлений генератором ідеального струму (з постійним струмом і рівний інсоляції), тоді як споживач представлений опором R_u .

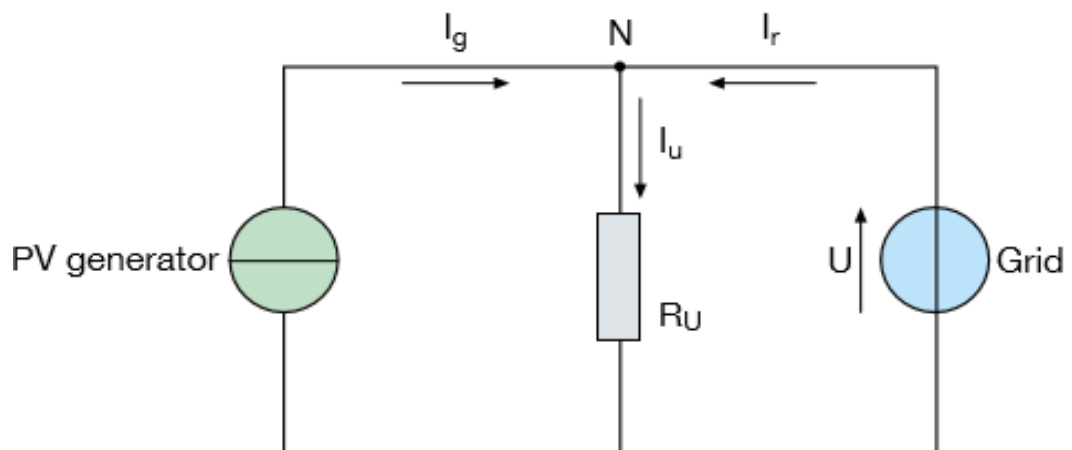


Рисунок 5.2 – Схема підключення до мережі

На рис 5.3 показаний приклад розміщення сонячних фотоелементів в залежності від заданих параметрів електростанції.

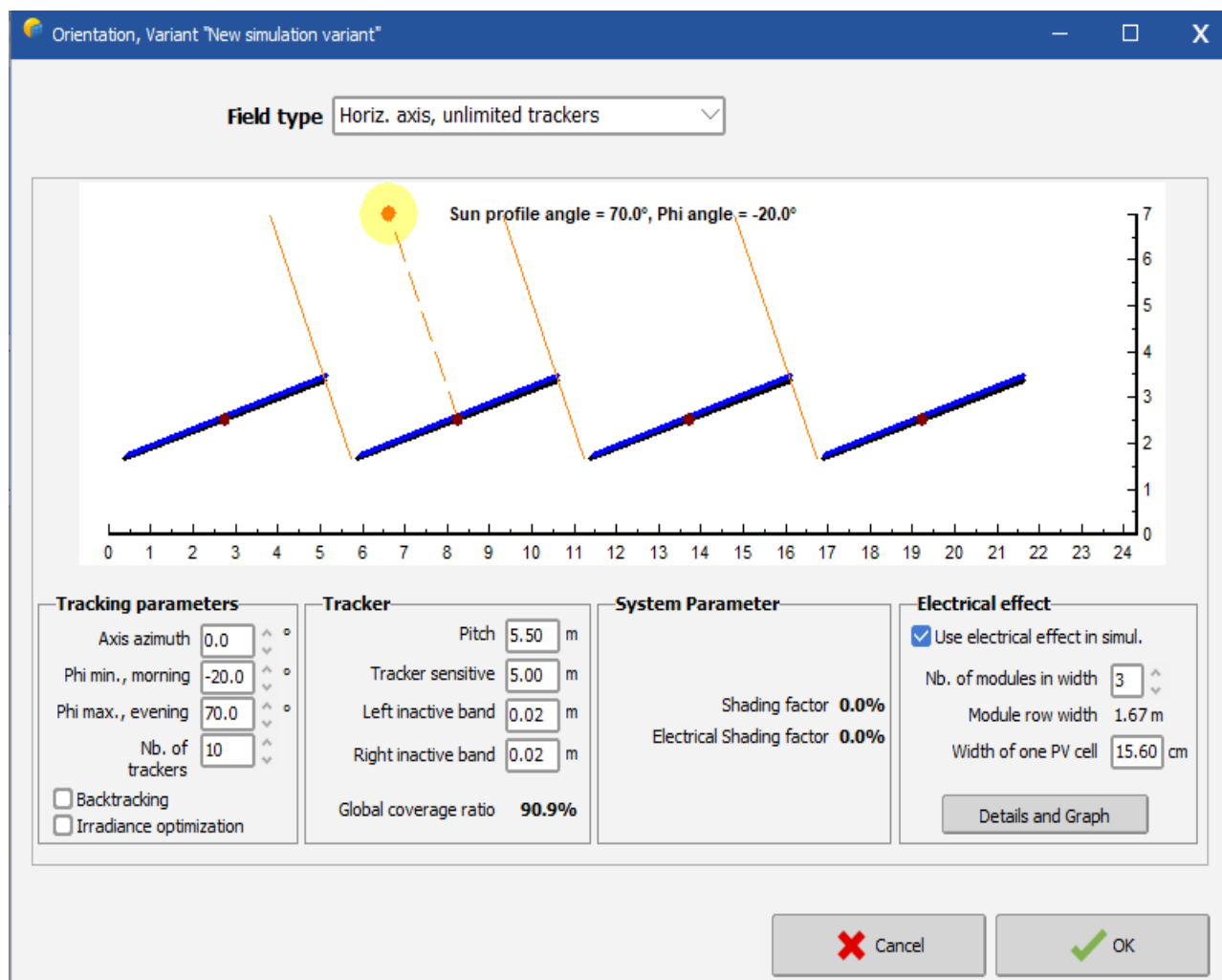


Рисунок 5.3 – Приклад розміщення сонячних фотоелементів

6 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Враховуючи невисоку вартість та високий ККД гальванічного елемента, вибираємо фотоелектричний перетворювач марки Solarex MSX-60 монокристалічний номінальною потужністю 60 Вт. Напруга одного фотомодуля дорівнює 21.1 В. [8]

На рис. 6.1 наведені основні паспортні данні вибраного модулю.

Потужність сонячної батареї складається з вихідних потужностей окремих фотоелементів. Вихідний струм фотоелементів в батареї визначається числом елементів, сполучених паралельно, а вихідна напруга - числом елементів, сполучених послідовно.

The screenshot shows the 'Definition of a PV module' window with the following data:

Basic data		Manufacturer	
Model	MSX-60	Manufacturer	Solarex
File name	Solarex_MSX60.PAN	Data source	Manufacturer + Sandia DB
Original PVsyst database		Available until 2003	

Nom. Power (at STC)		Model used	
Power	60.0 Wp	Standard PVsyst	<input checked="" type="radio"/>
Tolerance	Tol. +/- N/A %	Sandia model	<input type="radio"/>
Technology	Si-poly	The nominal power doesn't match the $V_{mpp} \cdot I_{mpp}$ data (discrepancy of -0.25%). This will distort the Performance Ratio result (PVsyst usually accepts up to 0.2%)	

Manufacturer specifications or other measurements			
Reference conditions	GRef	1000 W/m ²	TRef 25 °C
Short-circuit current	Isc	3.800 A	Open circuit Voc 21.10 V
Max Power Point	Imp	3.500 A	Vmpp 17.10 V
Temperature coefficient	muIsc	3.0 mA/°C	Nb cells 36 in series
	or muIsc	0.079 %/°C	

Internal model result tool	
Operating conditions	GOper 1000 W/m ² , TOper 25 °C
Max Power Point	Pmpp 59.9 W, Current Imp 3.55 A
Short-circuit current	Isc 3.80 A
Efficiency	/ Cells area 12.80 %, / Module area 10.76 %
Temper. coeff.	-0.40 %/°C
Voltage Vmpp	16.9 V
Open circuit Voc	21.1 V

Model summary	
Main parameters	
R shunt	300 Ω
Rsh(G=0)	1200 Ω
R serie model	
R serie max.	0.45 Ω
R serie apparent	0.55 Ω
Model parameters	
Gamma	0.955
IoRef	0.16 nA
muVoc	-73 mV/°C

Рисунок 6.1- Технічні характеристики монокристалічного фотоелектричного модулю 250 Вт Solarex MSX-60

Зовнішній вигляд фотоелектричного модулю потужністю 60 Вт наведений на рис 6.2.

Перетворення енергії ФЕП базується на фотоелектричному ефекті у неоднорідних напівпровідникових структурах при впливі на них сонячного випромінювання. Характеристики ФЕП залежать від кількості світла, що падає на їх поверхню. При цьому ФЕП не бояться короткого замикання.

Кремнієві ФЕП є нелінійними пристроями і їх поведінку неможливо описати простою формулою на зразок закону Ома. Замість неї для пояснення характеристик елементів можна користуватися сімейством простих кривих вольт-амперних характеристик (рис 6.3).



Рисунок 6.2 Зовнішній вигляд фотобатарей

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

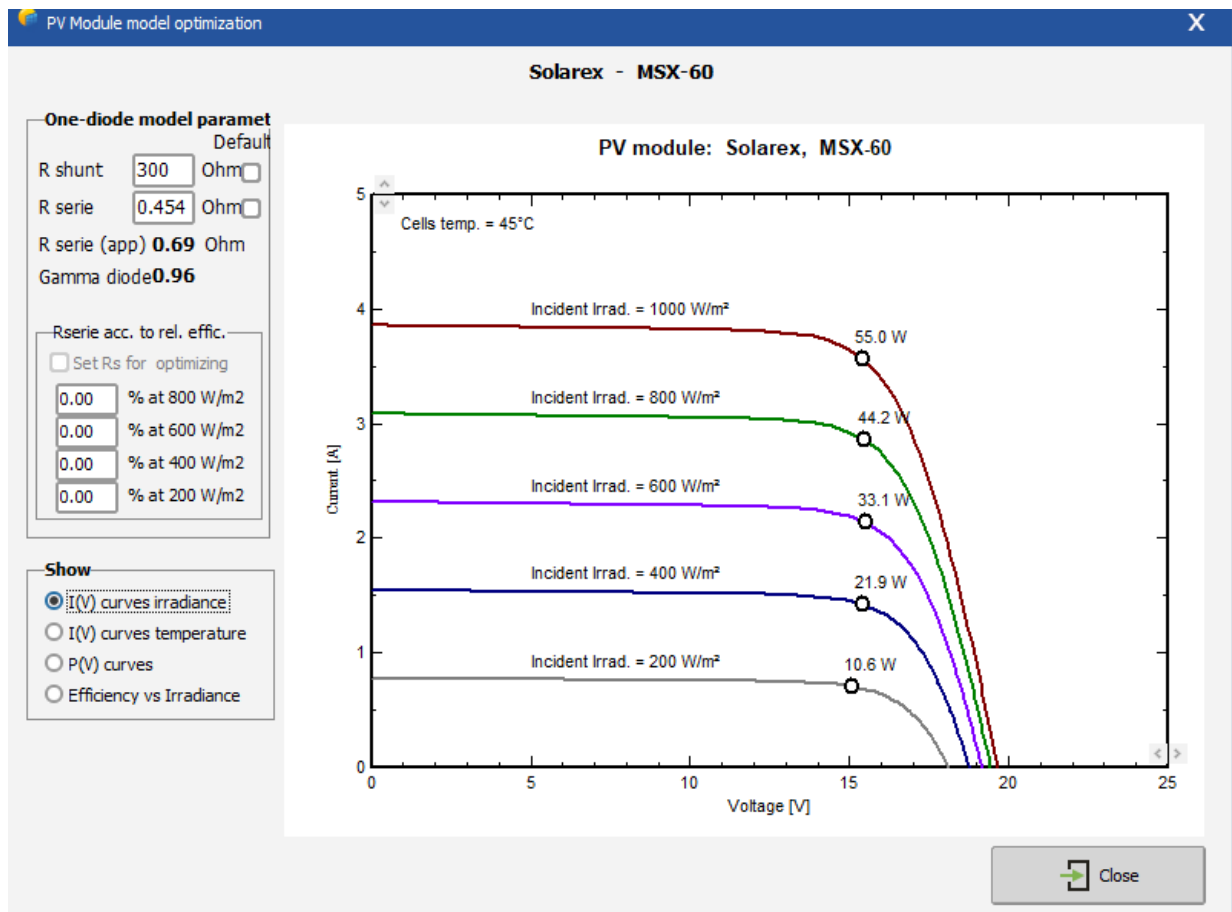


Рисунок 6.3 – Вольтамперна характеристика фотоелектричного модуля 60Вт Solarex MSX-60

6.1 Визначення кількості фотобатарей

Виконаємо розрахунок для визначення кількості фотобатарей для можливості живлення власних потреб тягової підстанції.

Потужність сонячної батареї складається з вихідних потужностей окремих фотоелементів. Вихідний струм фотоелементів в батареї визначається числом елементів, сполучених паралельно, а вихідна напруга – числом елементів, сполучених послідовно. На рис 6.4 показана загальна характеристика сонячної електростанції.

Знаючи номінальну потужність фотоелектричної станції на потужність одного фотомодуля, визначимо необхідну кількість фотобатарей :

$$N_{CB} = \frac{P_{НОМ}}{P_{CB}}, \quad (3.1)$$

де $P_{\text{НОМ}}$ – номінальна потужність фотоелектричної станції, Вт

$P_{\text{СБ}}$ – номінальна потужність фотомодуля, Вт.

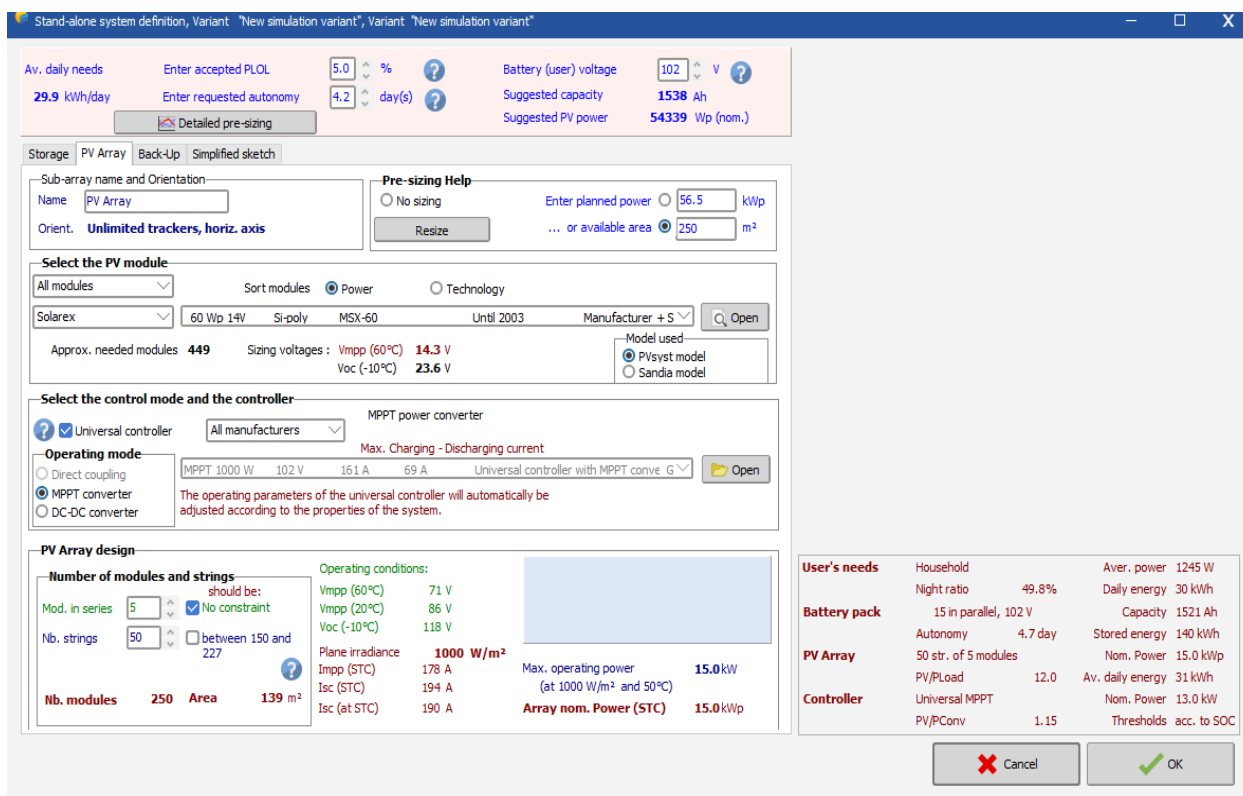


Рисунок 6.4 – Загальна характеристика сонячної електростанції

На рис. 6.5 схематично наведено розміщення рядів фотоелектричних батарей відносно один одного:



Рисунок 6.5 – Відстань між рядами фото панелей

При розрахунку виробітку електроенергії приймаємо наступні технічні параметри системи:

- 1) ККД фотоелектричного перетворювача в стандартних умовах $\eta_1 = 0,168$;
- 2) температурний градієнт ККД $\chi = 0,004 \text{ K}^{-1}$;
- 3) інтегральний коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання фотоперетворювачами $\alpha = 0,97$;
- 4) коефіцієнт тепловіддачі для плоских фотоперетворювачів $\langle \lambda \rangle = 40 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) = 0,04 \text{ кВт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;
- 5) дані по середньому багаторічному приходу сонячної радіації, тривалості сонячного світіння, та температурі повітря для регіону Дніпропетровської області;
- 6) площа фотоелектричної системи встановленої потужності 3 кВт складає 139 м^2 .

Результати розрахунку тривалості роботи фотоелектричної станції протягом доби наведені на рис. 6.6.

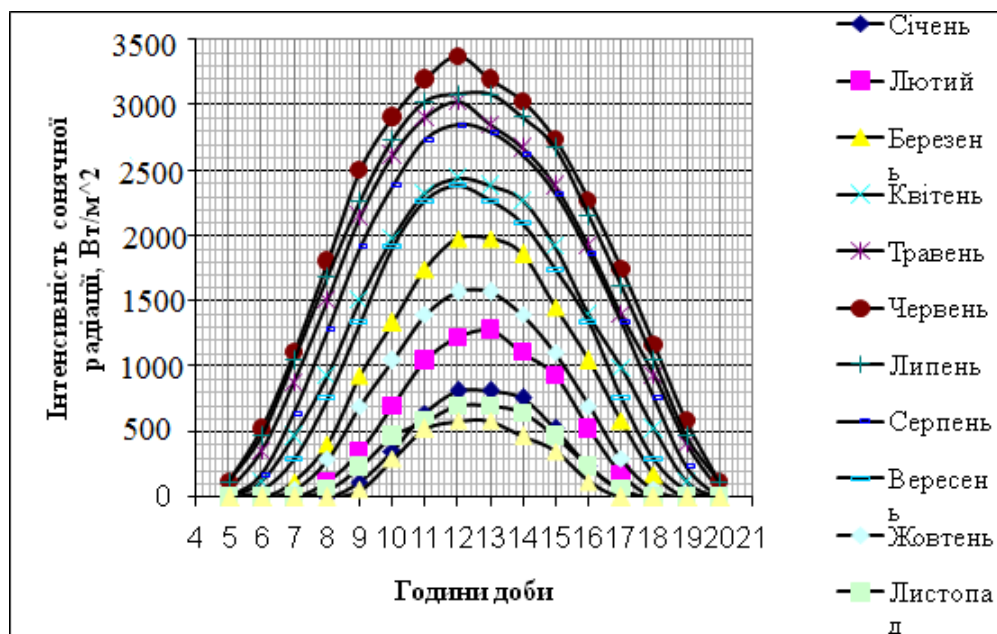


Рисунок 6.6 – Діаграма розподілу інтенсивності сонячної радіації протягом доби для різних місяців року для регіону м. Дніпро та Дніпропетровської області

На рис. 6.7 показана діаграма очікуваного виробітку електричної енергії фотоелектричною станцією встановленої потужності.

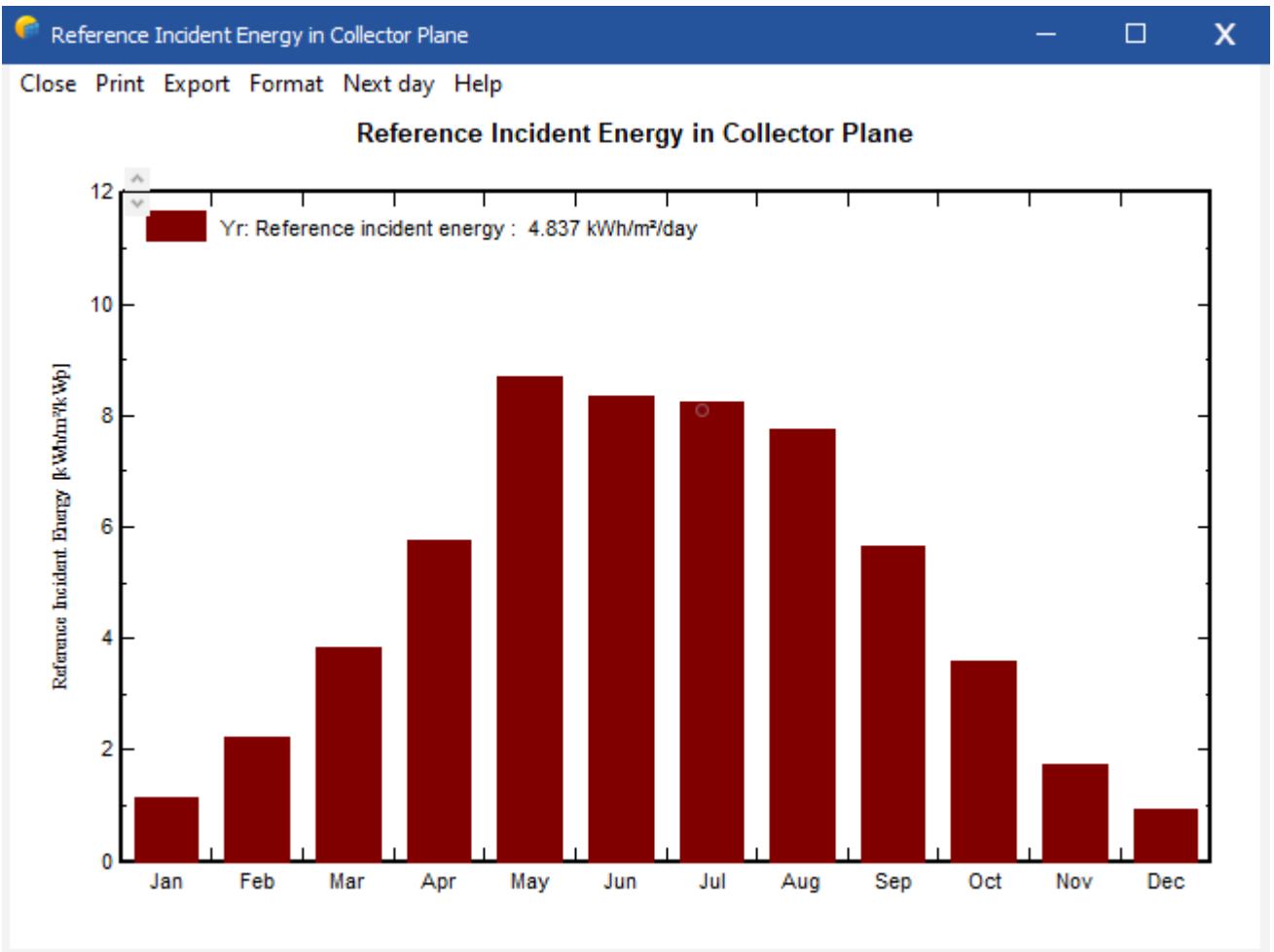


Рисунок 6.7 – Очікуваний виробіток електричної енергії фотоелектричною станцією встановленою потужністю

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті наших досліджень зазначимо, що на власні потреби тягових підстанцій споживається значний об'єм електроенергії, в залежності від підстанції. Був проведений розрахунок витрат електроенергії на власні потреби однієї з підстанцій, за підсумками встановлений об'єм складає 1.7% від загальної переробки переданої електроенергії за рік. На інших тягових підстанціях цей об'єм може становити до 4.5 відсотків від загального об'єму переданої електроенергії. Було запропоновано встановлення фотоелектричної станції, яка могла б забезпечувати електроенергією власні потреби тягових підстанції постійного та змінного струму. За рахунок встановлення фотоелектричної станції доцільно можна замінити об'єм електроенергії що потрібен для покриття власних потреб. В результаті розрахунків було встановлено, що потужність однієї панелі Solarex MSX-60 складає 60 Вт. Система сонячних батарей, яка складається з 250 фотоелектричних модулів гібридного енергозабезпечення виробляють 40 кВт/день електроенергії. Цієї потужності буде достатньо для забезпечення усієї системи власних потреб на приведеній тяговій підстанції.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/uk/publish/article>. Закон України «Про електроенергетику».
2. Півняк Г.Г. Альтернативна енергетика в Україні : монографія / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець. – Дніпропетровськ: Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2013. –109с.
3. Почаєв В.С. Електричні підстанції: Підр. Для технікумів та коледжів ж.-д. трансп. – М.: Желдориздат, 2001. – 512 с.
4. УДК 621.331 В.Г.Кузнецов (ДІТ), М.О. Іванов (Донецька залізниця), Ф. О. Фічоряк (ДІТ) «Нормування витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій».
5. Споживання електроенергії в Україні за 12 міс.[Електронний ресурс] Режим доступу : <http://uaenergy.com.ua/post/28080/potreblenie-elektroenergii-vukraine-za-12-mes-2016-g/>.
6. УДК 621.006.354 В. Г. Кузнецов, М.О. Іванов, О. О. Матусевич (ДІТ) «Нормування витрат електроенергії на власні потреби постів секціонування та пунктів паралельного з'єднання постійного струму».
7. Std. IEC/TS 62548:2013. Фотоелектричні панелі. Вимоги до проектування.
8. Решения для производства и экономии энергии [Електронний ресурс]/ "Альтэко" Альтернативные источники энергии и экотехнологии – Режим доступу: \WWW/ URL: http://alteco.in.ua/economics/zelenyj-tarif/zelenyj-tarifdlya-fizicheskikh-lits?gclid=CNCI_KaKudQCFZnJsgod8EMBfg.
9. Карта сонячної активності України [Електронний ресурс].- Режим доступу: <http://www.solar-battery.com.ua/karta-solnechnoy-aktivnosti-v-ukraine/>.
10. Прохорський А.А., Тягові та трансформаторні підстанції , підручник для технікумів ж.-д.трансп. – 4 вид. перераб. та доп. – М.:Транспорт, 1983 р -496 с.

					02.15.ЕС1922.ПД.2020-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54