ДЕВІЗ « Волю альтернативним джерелам»

Підвищення ефективності функціонування власних потреб тягової підстанції

Секція «РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ»

Галузь «ЕНЕРГЕТИКА»

2018

АНОТАЦІЯ

Наукової роботи під шифром «Волю альтернативним джерелам»

Актуальність роботи спрямована на стратегію сталого розвитку «Україна 2020» яка вимагає перехід до більш енергоощадного та енергоефективного споживання ресурсів. Використання альтернативних джерел на тягових підстанціях змінного та постійного струму допоможе зменшити витрати електроенергії на власні потреби. Збільшити об'єм переданої електроенергії та покращити надійність тягових підстанцій

Мета - Підвищення ефективності функціонування власних потреб тягової підстанції

Завдання – дослідити показники витрати власних потреб тягових підстанцій постійного та змінного струму ; знайти найбільш відповідну фото-енергетичну панель; зробити розрахунки витрат потужності власних потреб на тяговій підстанції .

Використана методика дослідження

При виконання роботи застосовувались методи статистичного аналізу. Обробка результатів експериментальних досліджень виконана на ЕОМ з використанням програмних засобів Excel, MathCAD

Загальна характеристика роботи

Робота складається з 33 сторінок, 10 рисунків, 3 таблиць, 14 використаних джерел.

ТЯГОВІ ПІДСТАНЦІЇ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА,ПОСТІЙНИЙ СТРУМ, ЗМІННИЙ СТРУМ, ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ, ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ.

Зміст

Вступ 4
1 Системи власних потреби тягових підстанцій 5
1.1 Власні потреби підстанції змінного струму 7
1.2 Власні потреби підстанцій постійного струму 11
1.2.1 Шафа власних потреб постійного струму 11
1.3 Витрати підстанції на власні потреби 13
2. Підходи до моделювання альтернативних джерел 18
3. Розрахунок основних електричних параметрів сонячної електростанції для живлення власних потреб тягової підстанції 21
3.1 Вибір фотоелектричних перетворювачів 21
3.2 Розрахунок виробітку електроенергії 27
Висновки 31
Список використаних джерел та літератури 32

Вступ

Згідно з стратегій сталого розвитку «Україна 2020»[1] у 9 пункті «Дорожня карта та першочергові пріоритети реалізації Стратегії» затверджено головне завдання по програмі енергонезалежності України . У якому описується необхідність переходу до енергоощадного та енергоефективного використання та споживання енергоресурсів . Одна із основних цілей державної політики у цій сфері є : зниження енергоємності валового внутрішнього продукту шляхом забезпечення 100 відсотків обов'язкового комерційного обліку споживання енергоресурсів , переходу до використання енергоефективних технологій та обладнання , реалізація проектів з використанням альтернативних джерел енергії.

В Україні транспорт знаходиться на 5 місці по об’ємам споживання електроенергії, що становить 5.7 відсотків за 12 місяців у 2016 та 2017 роках[12]. Важливою частиною доставки електроенергії від електростанції до рухомої одиниці є підстанції. Від 1,5 до 4,5 відсотка потужності підстанції витрачається на власні потреби[8]. Для удосконалення цих результатів та збільшення об’ємів переданої електроенергії пропонується підключити до загальної системи альтернативні джерела електроенергії. Вони зможуть забезпечувати самостійність та автономність власних потреб тягових підстанції змінного на постійного струму.

Наша задача полягає у тому ,щоб збільшити ефективність функціонування та зменшити електроспоживання власних потреб тягової підстанції, шляхом підключення альтернативних джерел до тягової підстанції.

До переваг підключення альтернативних джерел відноситься : зменшення використання вичерпних джерел електроенергії , перехід до більш екологічного добутку електроенергії та покращення навколишнього середовища .

До недоліків підключення альтернативних джерел відносяться : схема підключення альтернативних джерел; моделі елементів системи тягового електропостачання ; моделі елементів альтернативних джерел .

1 Системи власних потреби тягових підстанцій

Проаналізуємо витрати електроенергії на власні потреби 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 роботі 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.

Живлення споживачів ВП електроустановок може бути індивідуальним, груповим, та змішаним. При індивідуальному споживанні кожний споживач отримує електроенергію від шин ВП по індивідуальному кабелю, чим

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

1.1 Власні потреби підстанції змінного струму

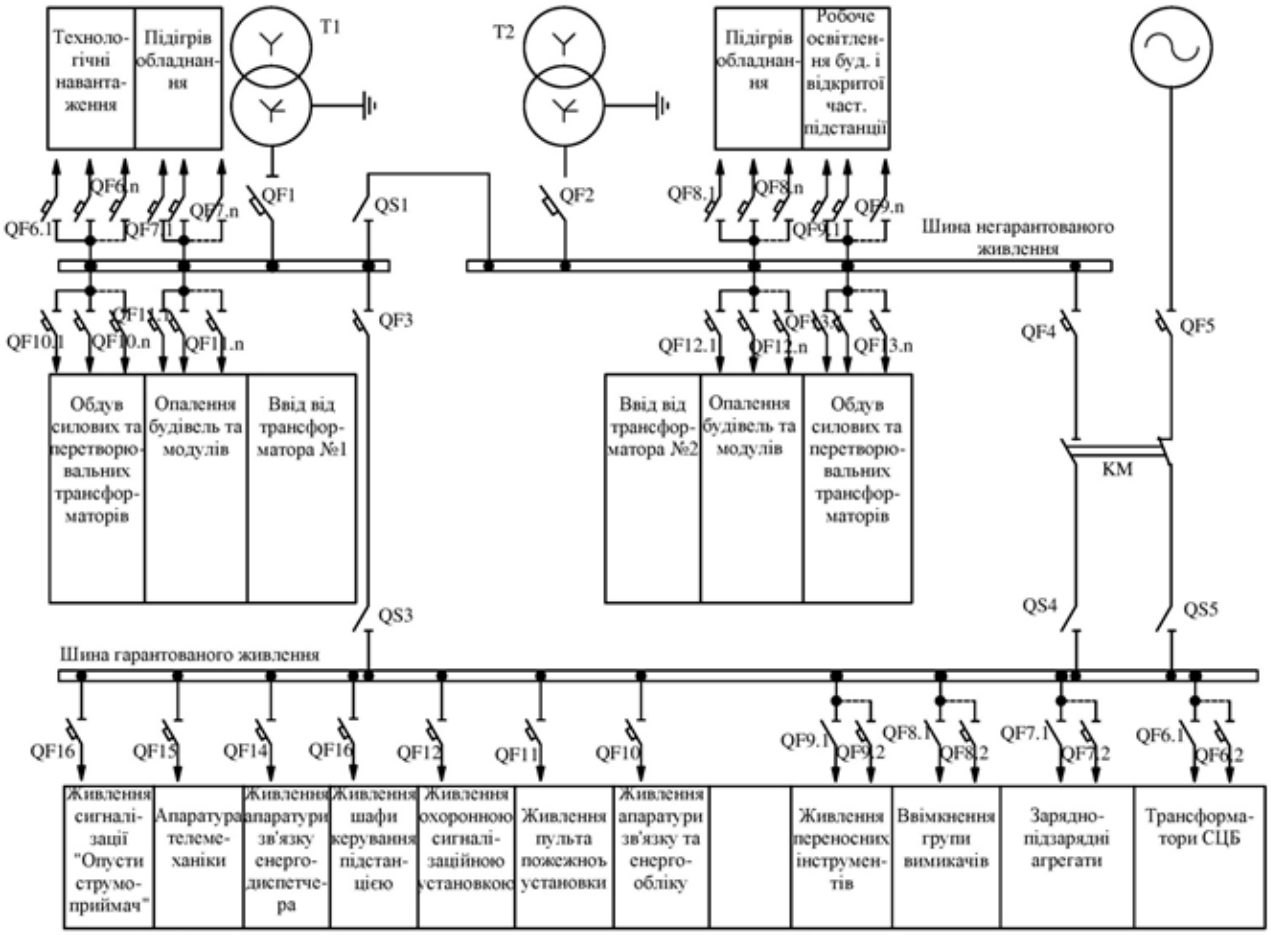

Рисунок 1.1 Структурно - функціональна схема РП власних потреб з двома основними трансформаторами власних потреб та дизель - генератором.

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. Для живлення власних потреб раніше споруджених тягових підстанцій збережена трифазна мережа змінного струму

іншої номінальної напруги з іншою системою струмоведучих провідників і заземлення.

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]

На тягових підстанціях змінного на постійного струму за метою усунення небажаних впливів на пристрої СЦБ, живлення їх фідерів проводиться від

джерела змінного струму гальванічна розв’язаного з усіма іншими джерелами . 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 .

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;
- системи охоронної й пожежної праці;

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

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 пробої ізоляції в РП – 3,3 кВ.

1.2 Власні потреби підстанцій постійного струму

Схема живлення власних потреб підстанції постійного струму

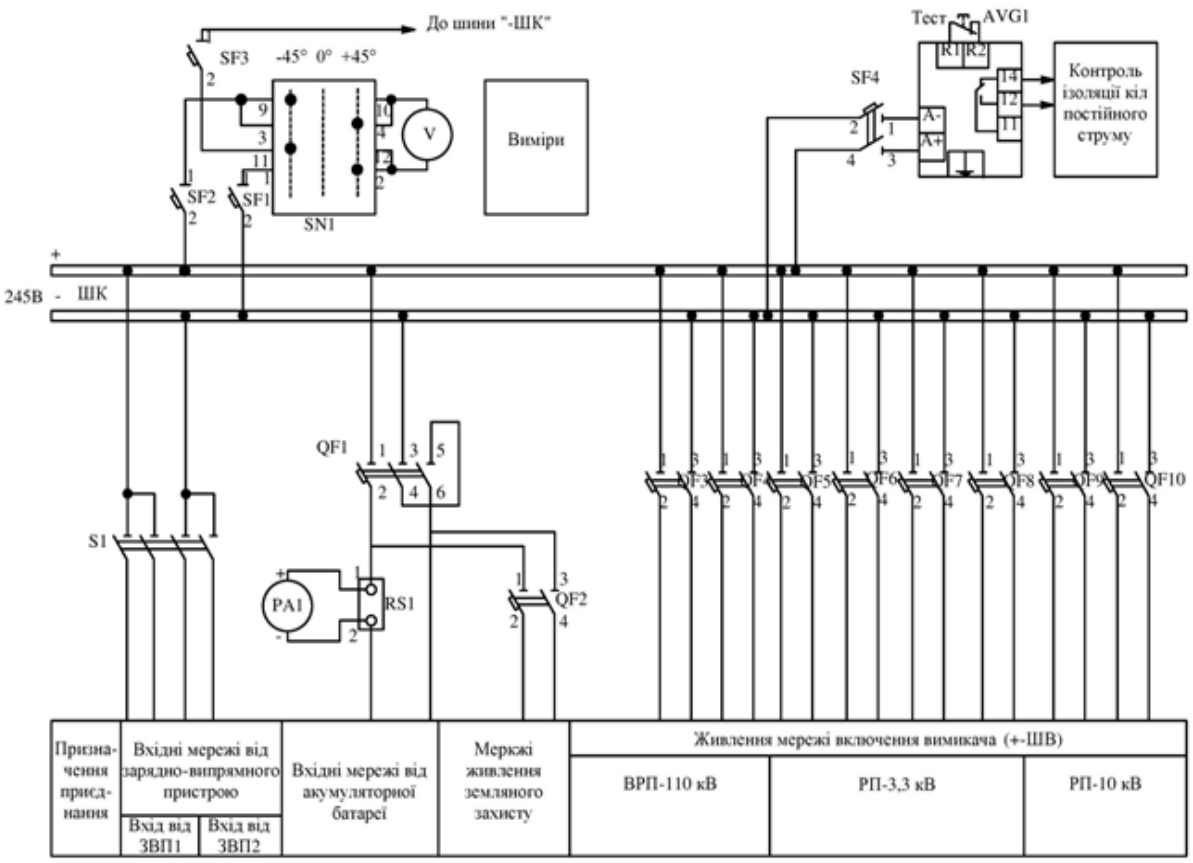

Рисунок 1.2. - Схема шафи живлення власних потреб підстанції постійного струму

1.2.1 Шафа власних потреб постійного струму

На знов споруджених й реконструйованих тягових підстанціях застосовується мережа постійного струму напругою 220 В(рис 1.2) . 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 комплекту виводів акумуляторної батареї передбачений амперметр .

1.2.2 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

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 короткочасні 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]

1.3 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.

Відповідно до інструкції з нормувань витрат електроенергії на власні потреби підстанцій розрахуємо складові значення нормативних витрат електроенергії:[10]

Значення складових норм загальнопідстанційних витрат електроенергії візьмемо з даної інструкції:[8]

- на зовнішнє освітлення підстанції – 0.4 тис. кВт · год за рік;
- на обігрів, вентиляцію та освітлення приміщень ОПК – 14.3 тис. кВт · год за рік;
- інші витрати – 2.2 тис. кВт · год за рік.

Значення нормативних загальнопідстанційних витрат електроенергії $A_{зп}$ на місяць розрахункового періоду обчислюють, шляхом множення складових норм витрат електроенергії:

- обігрів вимикачів 35кВ дорівнює добутку значень норми витрат електроенергії на кількість вимикачів:

$$0.01 \cdot 10 = 0.1 \text{ тис. кВт} \cdot \text{год за рік.}$$

Значення коефіцієнта розподілу значень складових річних норм витрат електроенергії на власні потреби підстанцій на місяці розрахункового періоду наведені в табл. 1.3.1

Таблиця 1.3.1 – Значення коефіцієнта розподілу значень складових річних норм витрат електроенергії на власні потреби підстанцій на місяці розрахункового періоду

Назва розрахункового періоду	Значення коефіцієнта			
	Для обігріву приміщень, $k_{м1}$	Для обігріву устаткування, $k_{м2}$	Для освітлення, $k_{м3}$	Рівномірного розподілу, $k_{м4}$
Січень	0,190	0,256	0,120	0,085

Продовження таблиці 1.3.1

Назва розрахункового періоду	Значення коефіцієнта			
	Для обігріву приміщень, $k_{м1}$	Для обігріву устаткування, $k_{м2}$	Для освітлення, $k_{м3}$	Рівномірного розподілу, $k_{м4}$
Лютий	0,172	0,230	0,110	0,077
Березень	0,190	0,010	0,100	0,085
Квітень	0,037	0	0,070	0,082
Травень	0	0	0,050	0,085
Червень	0	0	0,050	0,082
Липень	0	0	0,050	0,085
Серпень	0	0	0,050	0,085
Вересень	0	0	0,060	0,082
Жовтень	0,037	0,008	0,100	0,085
Листопад	0,184	0,240	0,120	0,082
Грудень	0,190	0,256	0,120	0,085

Результати розрахунків нормативних загальнопідстанційних витрат електроенергії наведено в табл. 1.3.2.

Таблиця .1.3.2 – Значення нормативних загальнопідстанційних витрат електроенергії на місяці розрахункового періоду

Назва розрахункового періоду	Значення складових нормативних загальнопідстанційних витрат електроенергії , тис. кВт ·год			Значення нормативних загальнопідстаційних витрат електроенергії, тис. кВт ·год
	На обігрів приміщень	На зовнішнє освітлення	Інші витрати електроенергії	
Січень	2,717	0,048	0,187	2,952
Лютий	2,460	0,044	0,171	2,675
Березень	2,717	0,040	0,187	2,944
Квітень	0,529	0,028	0,180	0,737
Травень	0	0,020	0,187	0,207
Червень	0	0,020	0,180	0,200
Липень	0	0,020	0,187	0,207
Серпень	0	0,020	0,187	0,207
Вересень	0	0,024	0,180	0,204
Жовтень	0,529	0,040	0,187	0,756
Листопад	2,631	0,048	0,180	2,859
Грудень	2,717	0,048	0,187	2,952
Рік	**14,3**	**0,4**	**2,200**	**16,900**

Обчислення значень нормативних витрат електроенергії на обігрів устаткування $A_{\text{о}}$ на місяці розрахункового періоду розраховуються за наступною формулою:

$$A_{\text{о}} = \sum_{i=1}^{n} A_{\text{о}i} \cdot k_i \cdot k_{\text{м}2}\,, \qquad (1.3.1)$$

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

k_i - кількість одиниць однотипного устаткування;

n - кількість типів устаткування;

$k_{м2}$ - коефіцєнт 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 за рік;

- на вентиляцію приміщення акумуляторної - 1,5 тис. кВт ·год за рік;

- на апаратуру зв'язку і телемеханіки - 1,9 тис. кВт·год за рік.

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

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

$$A_{вппс}=A_{зп}+ A_{о}+ A_{кер}+\Delta A_{трвп\sum} \qquad (1.3.2)$$

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

Бачимо що за рік витрати на власні потреби складають досить великі числа , тому бажано підключити до підстанції альтернативні джерела у вигляді фотоелектричних панелей.

2. 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.

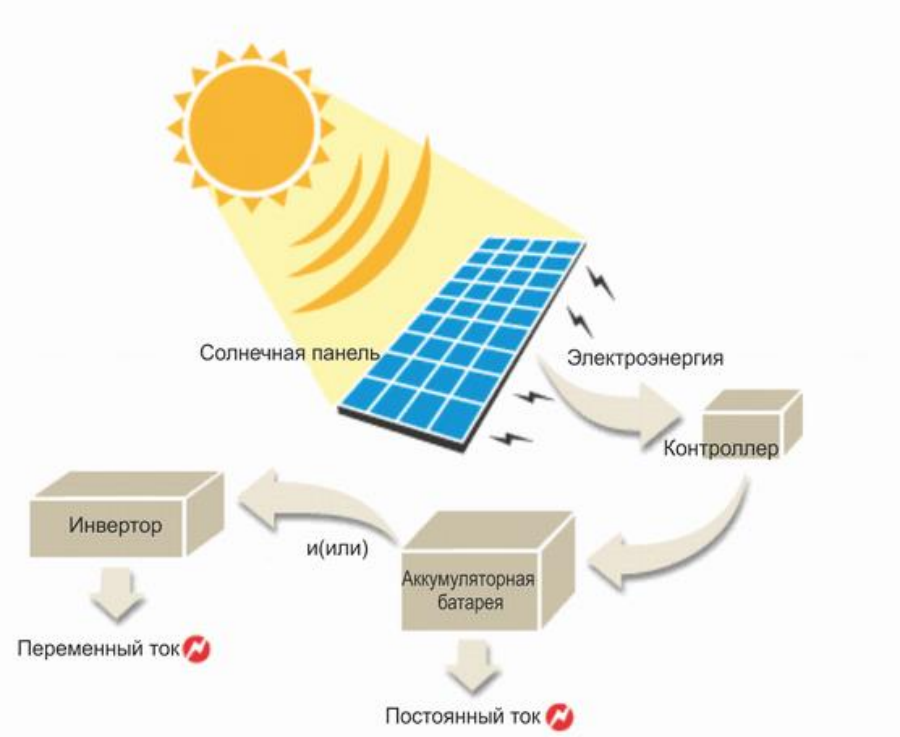

Рисунок 2.1 – Схема фотоелектричної станції для споживачів власних потреб тягової підстанції.

Така система в цілому називається сонячної фотоелектричної системою, або сонячною станцією (рис2.1). 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. У періоди, коли сонця немає, а сила вітру досить велика, вітряний генератор генерує потужність і заряджає акумуляторну батарею. Як тільки відбувається

повний заряд батареї, сонячний або вітряний генератор 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 керовану перезарядку для вирівнювання напруги на акумуляторах батареї.

У регуляторах можуть бути передбачені наступні види захисту:

- від короткого замикання в навантаженні;

- від підключення акумуляторної батареї зворотної полярності;

- температурна компенсації значень порогових напруг (це буває необхідно, якщо передбачається експлуатація батарей при температурах нижче мінус 10 °C).

Фотоелектрична станція, підключена до енергосистеми, що поставляє споживчу електроенергію, може бути представлена у спрощений спосіб за схемою на рис. 2.2. 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.

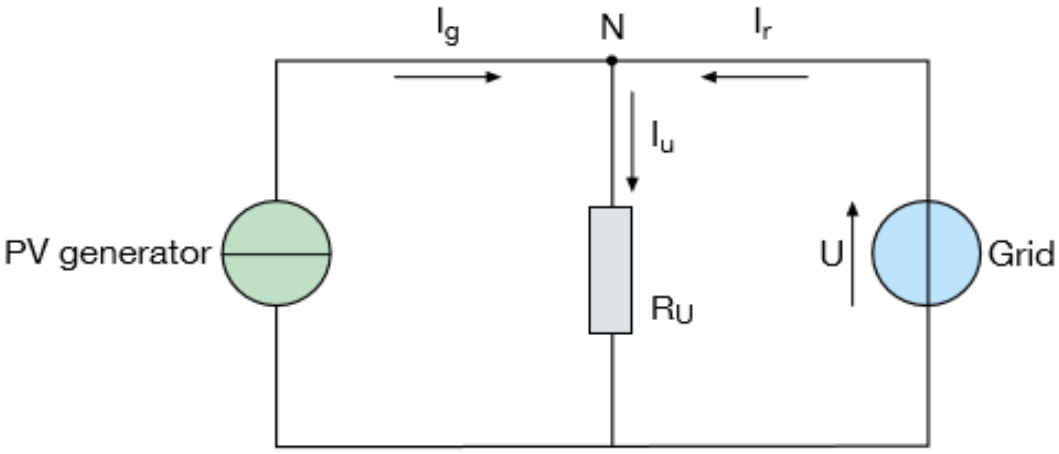

Рисунок 2.2 – Схема підключення до мережі

Струми I_g і I_r, які надходять від фотоелектричного генератора PV (Ig) і від мережі (I_r), відповідно, сходяться в вузлі N на малюнку 2.2, а струм I_u, поглинений споживачем, випливає з вузла.

$$I_u = I_g + I_r \quad (2.1)$$

Оскільки струм на навантаженні також є відношенням між напругою мережі U і опором навантаження Ru:

$$Iu = \frac{U}{R_U} \quad (2.2)$$

Ссписвідношенням між струмами стає:

$$I_r = \frac{U}{R_U} - I_g \quad (2.3)$$

Якщо в (2.3) підставити Ig = 0, як це відбувається в нічний час, струм, споживаний з мережі буде:

$$I_r = \frac{U}{R_U} \quad (2.4)$$

Навпаки, якщо весь струм, породжений фотоелектричною системою поглинається споживачем, струм, що подається мережою повинен бути порожнім і, отже, формула (2.3) стає:

$$I_g = \frac{U}{R_U} \quad (2.5)$$

Коли інсоляція зростає, якщо генерований струм I_g, стає вище, ніж потрібно навантаженню I_u, струм I_r стає негативним, тобто не більше струму, що виходить з мережі, але вклали в неї. Помноживши умови (2.1) за допомогою мережевої напруги U, попередні міркування можуть бути зроблені також і для повноважень, припускаючи, що:

• $P_u = U \cdot I_u = U^2/Ru$ потужність, що поглинається призначеним для користувача устаткування;

• $P_g = U \cdot I_g$ потужності, що генерується фотоелектричною станцією;

• $P_r = U \cdot I_r$ потужність, що підводиться мережою.

3. Розрахунок основних електричних параметрів сонячної електростанції для живлення власних потреб тягової підстанції

3.1 Вибір фотоелектричних перетворювачів

Враховуючи невисоку вартість та високий ККД гальванічного елемента, вибираємо фотоелектричний перетворювач марки Квазар KV 250 M монокристалічний номінальною потужністю 250 Вт. Напруга одного фотомодуля дорівнює 24 В. [11]

В таблиці 3.1 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.

Таблиця 3.1- Технічні характеристики монокристалічного фотоелектричного модулю 250 Вт Квазар KV 250 M [11]

Характеристика	Позначення	Величина
Електричні характеристики		
Максимальна потужність	P_{max}	250 Вт
Максимальна напруга	U_{max}	30,7 В
Максимальний струм	I_{max}	8,23 А
Струм короткогозамикання	$I_{кз}$	8,75 А
Максимальна напруга системи	U_{max}	37,3 В
Механічні характеристики		
Вага	m	23 кг
Довжина	l	1,645 м
Ширина	b	0,997 м
Товщина, в тому числі з упаковкою	h	50 мм
Загальна площа	S_1	1,64 м^2

Зовнішній вигляд фотоелектричного модулю потужністю 250 Вт наведений на рис 3.2.

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 3.3).

Рисунок 3.2 Зовнішній вигляд фотобатареї

На рис. 3.3 представлена ВАХ ФЕМ типу **Квазар KV 250 M**:

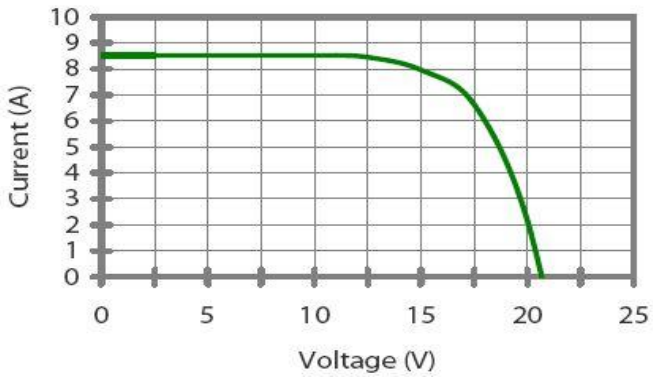

Рисунок 3.3 – Вольтамперна характеристика фотоелектричного модуля 250Вт

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.

Знаючи номінальну потужність фотоелектричної станції на потужність одного фотомодуля, визначимо необхідну кількість фотобатарей :[7]

$$N^{\text{СБ}} = \frac{P_{\text{ном}}}{P_1^{\text{СБ}}} \quad (3.1)$$

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

$P_1^{\text{СБ}}$ – номінальна потужність фотомодуля, Вт

$$N^{\text{СБ}} = \frac{15000}{250} = 60\text{шт.}$$

Виконаємо перерахунок загальної кількості фотобатарей, враховуючи спосіб підключення їх до інвертора:

Число модулів, з'єднаних послідовно:

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{max}}^{\text{СБ}}} \quad (3.2)$$

де $U_{\text{інв}}$ – вхідна напруга інвертора, В

$U^{\text{СБ}}{}_{\text{мах}}$ – напруга фотоелектричного модуля, В

$$N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = \frac{230}{30{,}7} = 7{,}49 \text{ шт} \approx 8 \text{ шт.}$$

Потужність послідовно з’єднаних фотобатарей:

$$P_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} \cdot P_1^{\text{СБ}} \ , \tag{3.3}$$

$$P_{\text{посл}}^{\text{СБ}} = 8 \cdot 250 = 2000 \text{ Вт.}$$

Число фотобатарей, з`єднаних паралельно:

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{P_{max}^{\text{сис}}}{P_{\text{посл}}^{\text{СБ}}}, \tag{3.4}$$

де $P_{max}^{\text{сис}}$ – потужність розрахункової системи;

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{15}{2} = 8 \text{ шт.}$$

Загальна кількість фотоелектричних модулів в системі:

$$N^{\text{СБ}} = \ N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} \cdot N_{\text{посл}}^{\text{СБ}} \tag{3.5}$$

$$N^{\text{СБ}} = 8 \cdot 8 = 64 \text{ шт.}$$

Загальна площа фотоелектричних модулів:

$$S_{\text{заг}} = S_1 \cdot N^{\text{СБ}} \tag{3.6}$$

$$S_{\text{заг}} = 1{,}64 \cdot 64 = 104{,}96 \text{ м}^2$$

Загальна площа даху тягової підстанції складає 918 м^2, тобто фотоелектричні модулі займатимуть лише 11,5 % від загальної площі даху.

План розміщення фотобатарей на даху тягової підстанції

Фотоелектрична станція буде розміщуватися на даху тягової підстанції, площа якого $S_{дах}$=918м^2 (29м×31,65м).

Відстань між рядами фотоелектричних батарей розраховуємо за формулою:

$$L = h_{мод} \cdot sin\frac{\left(\left(180 - (\beta + \theta) \cdot \frac{\pi}{180}\right)\right)}{sin\left(\frac{\theta \cdot \pi}{180}\right)}, \quad (3.7)$$

де $h_{мод}$ – висота модуля, 1,645 м;

β – кут нахилу фотобатареї до горизонту, 45°

θ – кут висоти сонця, 15,5°

$$L = 1.645 \cdot sin\frac{\left(\left(180 - (45 + 15.5) \cdot \frac{3.14}{180}\right)\right)}{sin\left(\frac{15.5 \cdot 3.14}{180}\right)} = 3.42295 \approx 3.45 \text{ (м)}$$

План розміщення наведений на рис. 3.4:

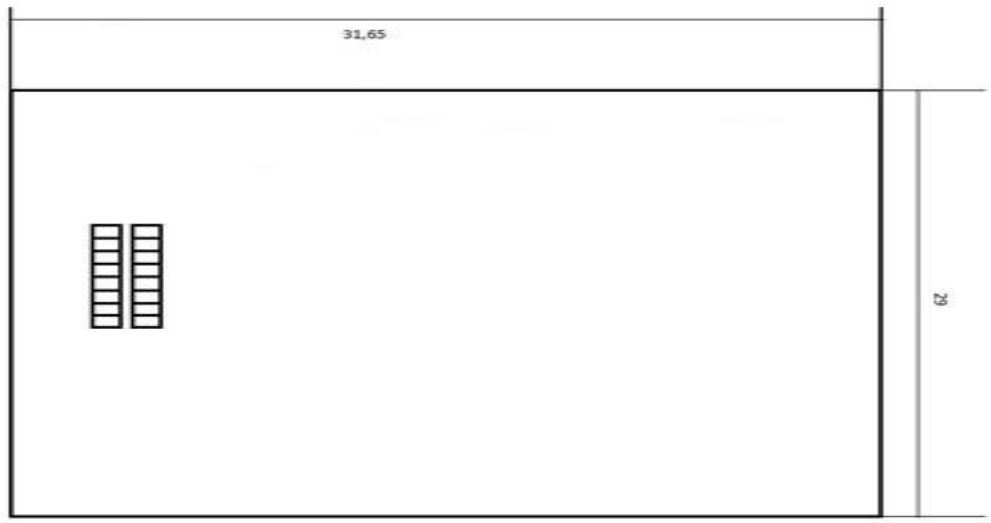

Рисунок 3.4 – План розміщення ФЕБ на даху

На рис. 3.5 схематично наведено розміщення рядів фотоелектричних батарей відносно один одного:

Рисунок 3.5 – Відстань між рядами фото панелей

3.2 Розрахунок виробітку електроенергії

При розрахунку приймаємо наступні технічні параметри системи :

1) ККД фотоелектричного перетворювача в стандартних умовах η_1 = 0,168;

2) температурний градієнт ККД χ = 0,004 $К^{-1}$;

3) інтегральний коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання фотоперетворювачами α = 0,97;

4) коефіцієнт тепловіддачі для плоских фотоперетворювачів $\langle\lambda\rangle$ = 40 Вт/($м^2$·К) = 0,04 кВт/($м^2$·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 24,48 $м^2$.

Результати розрахунку тривалості роботи фотоелектричної станції протягом доби наведені на рис. 3.6.

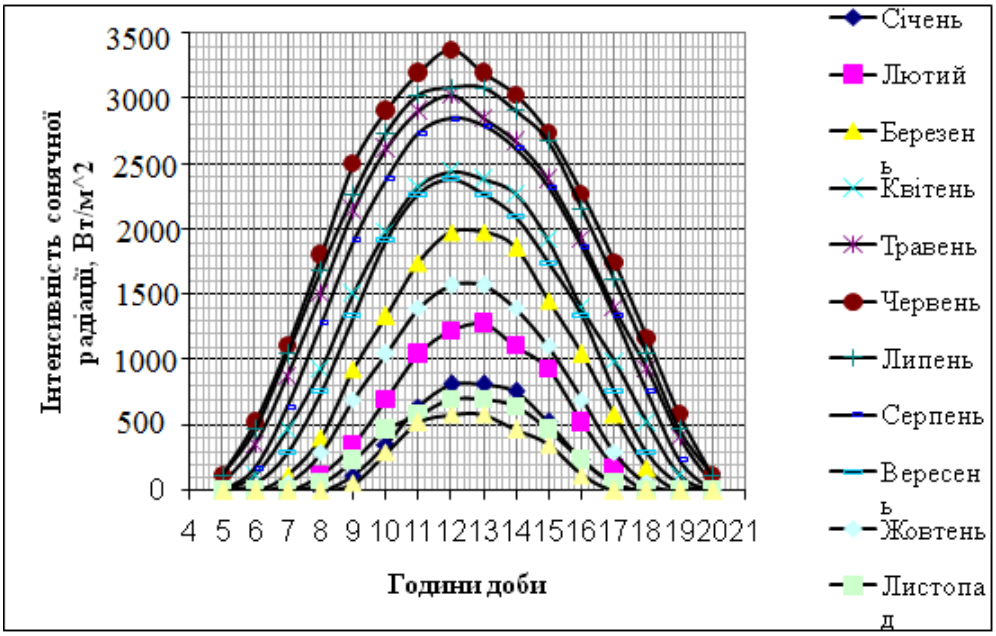

Рисунок 3.6 – Діаграма розподілу інтенсивності сонячної радіації протягом доби для різних місяців року для регіону м. Дніпро та Дніпропетровської області

Загальний технічний потенціал сонячної енергії регіону (або території) визначається як:

$$W_{ЗТ} = E \cdot S, \tag{3.8}$$

де E – сумарний прихід сонячної енергії на одиницю горизонтальної поверхні в рік кВт·год/(м^2·рік);

S – площа регіону, м^2.

Технічно-досяжний потенціал електроенергії, яку можна отримати за рахунок фотоелектричного перетворення визначається як:

$$W_{ТД} = S_Ф \cdot \sum E_i \cdot \eta_1 \cdot [1 - \chi \cdot (T_i - T_1)], \tag{3.9}$$

де E_i– середньо-багаторічний прихід сонячної енергії на одиницю горизонтальної поверхні в i-й місяць року кВт·год/(м^2·рік);

η_1–ККД фотоелектричного перетворювача в стандартних умовах;

χ – температурний градієнт ККД, $К^{-1}$;

T_1 – стандартна температура 25 °С, або 298 К;

T_i– середньомісячна робоча температура фотоелектричної батареї, К :

$$T_i = \frac{\left(\left(\frac{E_i}{t_{pi}}\right) \cdot \frac{[a - \eta_1 \cdot (1 + \chi \cdot T_1)]}{<\lambda> \cdot T_{oi}}\right)}{\left(<\lambda> - \left(\frac{E_i}{t_{pi}}\right) \cdot \eta_1 \cdot \chi\right)}, \quad (3.10)$$

де α – інтегральний коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання фотоперетворювачами (для сучасних фотоперетворювачів становить 0,97);

$<\lambda>$- коефіцієнт тепловіддачі (для плоских фотоперетворювачів становить 40 Вт/(м^2·К));

Toi - середньомісячні значення температури повітря, К;

$S_Ф$ – площа, яку можна відвести під встановлення фотоелектричних перетворювачів, м^2

t_{pi} – тривалість робочого часу, год/міс:

$$t_{pi} = 0{,}9\ t_{oi,}, \quad (3.11)$$

де $t_{oi,}$ - розраховані значення тривалості сонячного світіння на протязі i - го місяця, год/міс.;

Очікуваний виробіток електричної енергії фотоелектричною станцією встановленою потужністю зображений на рис. 3.7.

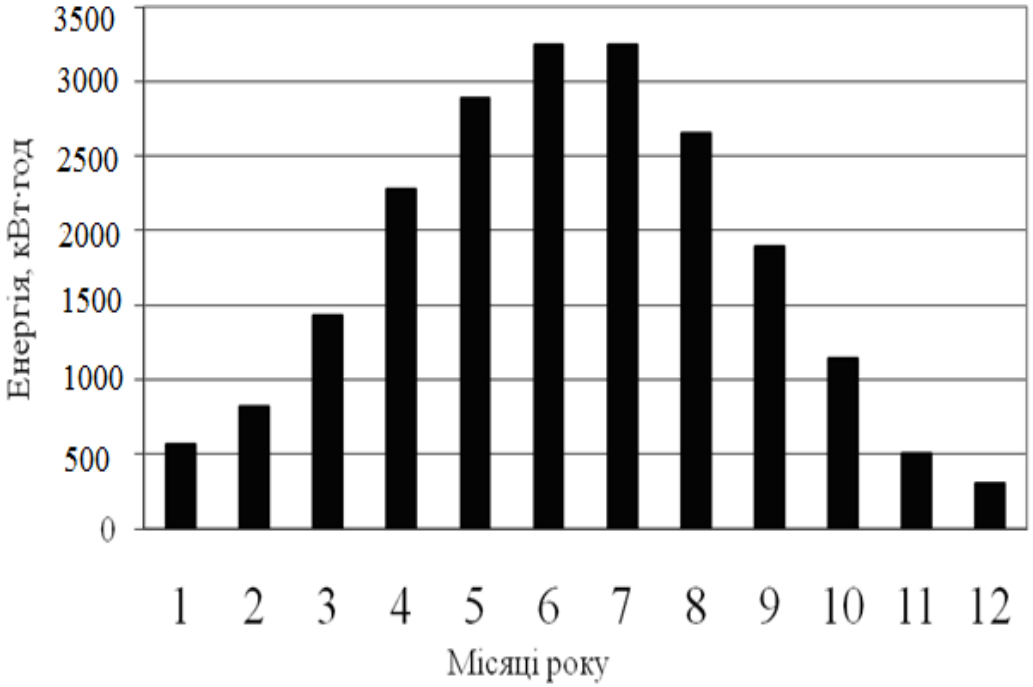

Рисунок 3.7 – Очікуваний виробіток електричної енергії фотоелектричною станцією встановленою потужністю

Висновки

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 Квазар KV 250 M складає 250 Вт. Система сонячних батарей , яка складається з 64 фотоелектричних модулів автономного енергозабезпечення виробляють 30 кВт електроенергії. Цієї потужності буде достатньо для забезпечення усієї системи власних потреб на приведеній тяговій підстанції.

Список використаних джерел та літератури

1) Закон України «Про енергозбереження» із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 22.12.2005 року N 3260 – IV.
2) Закон України «Про електроенергетику»
3) Закон України, щодо встановлення «Зеленого» тарифу.
4) Указ «Про стратегію сталого розвитку України 2020»
5) Прохорський А.А., Тягові та трансформаторні підстанції , підручник для технікумів ж.-д.трансп. – 4 вид. перераб. та доп. – М.:Транспорт, 1983 р -496 с
6) Почаевец В.С. Електричні підстанції: Підр. Для технікумів та коледжів ж.-д. трансп. – М.: Желдориздат, 2001. – 512 с.
7) М.С. Пастушенко, Перспективи впровадження відновлюваних джерел енергії на залізничному транспорті України/Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, e-mail: ms_estimate@gmail.ru.
8) УДК 621.331 В.Г.Кузнецов (ДІІТ), М.О. Іванов (Донецька залізниця), Ф. О. Фічоряк (ДІІТ) «Нормування витрат електроенергії на власні потреби тягових підстанцій»
9) УДК 621.331 В.Г.Кузнецов (ДНУЗТ), І.Л. Анікєєв (ДНУЗТ) «Перспективи використання фотоелектричної станції в університеті»
10) УДК 621.006.354 В. Г. Кузнецов, М.О. Іванов, О. О. Матусевич (ДІІТ) «Нормування витрат електроенергії на власні потреби постів секціонування та пунктів паралельного з’єднання постійного струму»
11) Технічні характеристики фотоелектричного модулю [Електронний ресурс]

Режим доступа : \www/ URL: https://avtonom.com.ua/alternativnaya-energetika/solnechnye-batarei/solnechnaya-batareya-kvazar-kv-250m/

12) Споживання електроенергії в Україні за 12 міс.[Електронний ресурс] Режим доступу : http://uaenergy.com.ua/post/28080/potreblenie-elektroenergii-v-ukraine-za-12-mes-2016-g/
13) Std. IEC/TS 62548:2013. Фотоелектричні панелі. Вимоги до проектування.
14) Решения для производства и экономии энергии [Електронний ресурс]/ "Альтэко" Альтернативные источники энергии и экотехнологии – Режим доступа: \www/ URL: http://alteco.in.ua/economics/zelenyj-tarif/zelenyj-tarif-dlya-fizicheskikh-lits?gclid=CNCl_KaKudQCFZnJsgod8EMBfg.