

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Кафедра електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на
транспорті

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Забезпечення співвідношення потенціалу сонячної електричної
станції з потенціалом мережі»

Виконав: студент групи ЕПА-20м
Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Швець В. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Богачук В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Швец В.А. «Забезпечення співвідношення потенціалу сонячної електричної станції з потенціалом мережі». Магістерська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – __ с. Бібліог.:26. Іл.:__. Табл. __.

В магістерській кваліфікаційній роботі було розроблено розглянуто характеристику сонячних електричних станцій, різних типів електричних станцій та їх складових елементів. Описано загальну оцінку впливу роботи сонячних електричних станцій на електричну мережу. Також було визначено вартість побудови сонячної електричної станції потужністю 3.05МВт та розрахований термін окупності.

Ключові слова: відновлювальні джерела енергії, сонячні електричні станції(СЕС), енергетична мережа., сонячний трекер, сонячна панель, сонячний модуль, система орієнтації.

SUMMARY

Shvets V.A. "Ensuring the ratio of the potential of the solar power plant with the potential of the network." Master's thesis. - Vinnytsia: VNTU, 2021. –__ p. Bibliog .: 26. Fig .: __. Table __.

In the master's qualification work was developed considered the characteristics of solar power plants, different types of power plants and their components. The general estimation of influence of work of solar electric stations electric network is described. The cost of building a solar power plant with a capacity of 3.05 MW was also determined and the payback period was calculated.

Key words: renewable energy sources, solar power plants (SES), energy network, solar tracker, solar panel, solar module, orientation system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ.....	7
1.1 Основні фактори, які забезпечують максимальну продуктивність сонячних модулів.....	7
1.1.1 Розсіювання світлової радіації на поверхні	7
1.1.2 Типи світлових модулів	7
1.2 Типи світлових панелей та порівняння їх	9
2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ СЕС «ІМПЕРІАЛ ЕНЕРГО» НА РЕЖИМИ РОБОТИ ДЮЧОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....	19
2.1 Розрахунок рівнів навантажень прилеглої мережі та рівнів споживання мережі СЕС "Імперіал Енерго".....	19
2.2. Основні умови при проведенні розрахунків	22
2.3. Розрахунок нормальних, ремонтних та ремонтно- аварійних режимів роботи електричної мережі.....	28
3. РОЗРОБКА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ , ВИДІВ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ, СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ТА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ.....	36
3.1 Компенсація реактивної потужності	36
3.2 Системи живлення та вибір технічної бази світлової електростанції «Імперіал Енерго»	36
3.3 Кабельні лінії РП 0.4кВ.....	37
3.4 Вибір трансформаторів струму Т- 0,66 для РП- 0.4кВ.....	41
3.5 Контроль якості електроенергії.....	42
3.6 Телеметрія та організація обліку відпущеної електроенергії. Система передачі даних АСКОЄ.....	43
3.7 Блок релейного захисту МРЗС-05Л	45
3.8 Блок автоматичного управління РПН трансформатором	51
4 РОЗРАХУНОК УСТАВОК ПРЗА ПРИЛЕГЛОЇ ДО ПС 110/35/10КВ "МОГИЛІВ- ПОДІЛЬСК " МЕРЕЖІ 110КВ.....	53
4.1 Вхідні схеми мережі. Струми КЗ.....	53
4.2 Розрахунок установок ПРЗА мережі 110кВ.....	55

4.3 Розрахунок установок ПРЗА ПЛ-110кВ що відходять від шин 110 кВ ПС 110/35/10кВ «Могилів-Подільськ».....	55
Перевірка відстройки МСВ від КЗ в кінці лінії.....	55
4.4 Паралельна робота СЕС з електричною мережею	59
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	61
5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат	62
5.1.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	63
5.1.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу	63
5.1.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію	65
5.1.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання	65
5.1.5 Інші витрати.....	67
Термін окупності.....	67
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	70
6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць у приміщенні для ТО	70
6.1.2 Електробезпека	72
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	74
6.2.1 Мікроклімат	74
6.2.2 Склад повітря робочої зони	75
6.2.3 Виробниче освітлення.....	76
6.2.4 Виробничий шум.....	77
6.2.5 Вібрації.....	79
6.2.6 Психофізіологічні фактори	80
6.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	82
6.4 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	85
ВИСНОВКИ	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91
Додаток А Технічне завдання.....	94
Додаток Б Ілюстративні матеріали.....	98

ВСТУП

Актуальність. Основний напрямок в енергетиці у ХХІє різне використання електричних джерел електричної енергії. Які мають ресурси які дозволить знизити вплив на середовище. До нетрадиційних джерел енергії відносяться відновлювальні. Відновлювані джерела енергії до них відносять енергію води, вітру, сонця, демонструють більш кращу динаміку збільшення долі в глобальному енергетичному балансі. Це характеризується наступними факторами:

- боротьба з глобальним потеплінням є все більш має систематичний характер.
- розвиток вироблення електричної енергії має підтримку з боку держав, податкове стимулювання, тарифне дозволяє конкурувати з генерацією на основі традиційних джерел енергії.
- вартість фото панелей які виробляють електричну енергію зменшується на 10% щорічно[1].

Важливим напрямком є відновлювальні джерела які є важливим напрямком в енергетиці України. Рівень забезпеченості власних потреб з одної сторони є енергоносіями які дають змогу говорити в майбутньому про те що країна стане енергонезалежною, але Україна вже має великий потенціал у відновлювальній енергетиці.

Вже в даний момент реалізується на практиці поступовий перехід від атомних та теплових сонячних станцій у відновлювальній енергетиці.

Окрім того слід враховувати такі фактори які одночасно зменшують економічні умови функціонування електроенергетичної галузі в Україні , зокрема, перехід від одного ринку до ринку оптового – це ринок електроенергії єдиного покупця до балансуєчого ринку електроенергії яке складається за двосторонніми угодами. Отже, дослідження впливу сонячної електростанції на електричну мережу є актуальним в Україні.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконується на станції яка виконує виробіток електричної енергії за допомогою світлових панель , та досліджено тему яка розглядається в даній роботі

«Забезпечення співвідношення потенціалу сонячної електричної станції з потенціалом мережі»

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є дослідження розподільної здатності мережі та впливу сонячної електростанції на неї.

Основними задачами дослідження є : дослідження роботи світлової електричної станції;аналіз впливу світлової електричної станції на роботу всіх видів електричних механізмів та установок які виконують функцію транспортування та розподіл електричної енергії.

Об'єкт дослідження – світлова електрична станція її вплив на режими роботи енергетичної мережі.

Предмет дослідження – методи оптимізованого транспортування електричної енергії у розподільних мережах при вводі в експлуатацію світлової електричної станції 3.05 МВт.

Методи дослідження. Під час дослідження було застосовано чисельні та методи математичного моделювання вони визначаються оптимальною встановленою потужністю СЕС в електричній системі. Методи обробки статичних інформацій використано для аналізу розрахунків та перевірки оптимального впливу світлової станції на електричну мережу

Особистий внесок здобувача. Результати в магістерській дипломній роботі отримано автором самостійно.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Основні фактори, які забезпечують максимальну продуктивність сонячних модулів

1.1.1 Розсіювання світлової радіації на поверхні

Сонячної радіації яка припадає на поверхню планети, змінюється при русі планети навколо своєї осі. Зміни залежать від пори року та часу. Як правило в полудень падає саме більше світлової радіації. Опівдні Сонце знаходиться саме ближче і проходить через атмосферу під прямим кутом через це не заломлюючесь об нею тому більший обсяг сонячної енергії потрапляє поверхню планети.

Величина енергії, що падає на 1 м^2 за 1 годину, залежить від факторів: георозміщення, пори року, кута нахилу поверхні. Сонячної радіації яка потрапляє на різну частину поверхні планети, змінюється від середньорічного значення: в зиму - менше ніж на $0,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ в день на Півночі Європи і більш ніж на $5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$ в день в літку. Різниця зменшується при приближенні до екватора та збільшується при приближенні до полюса .

Кількість світлової радіації залежить від георозміщення. При спостереженні та моніторингу поверхні планети, знаходими певну площу поверхні на яку падає саме більше світлової радіації та на ній розміщуєм СЕС

1.1.2 Типи світлових модулів

Світлові електростанції поділяються на види:

- світлова електрична станція баштового типу;
- світлова електрична станція тарілкового типу;
- світлова електрична станція, що використовує фото батареї;
- світлова електрична станція, використовують параболічні концентрати;
- світлова електрична станція комбіновані;
- аеростатні світлові електростанції;
- орбітальні електростанції з використанням сонячних панелей.

Монокристалічні фотоелектричні модулі більш ефективні, але вони є дорожчими дорогами. Їхній коефіцієнт корисної дії знаходиться в діапазоні від 13 до 17%.

Матеріал який є в світлових модулях є чистий кремній, який здійснює декілька циклів очищення від шкідливих домішок. Даний матеріал досить добре спеціалізуються в галузі виробництва напівпровідників. Кремнієвий кристал добувся з твердого розчину кремній германій, яке з малою швидкістю протікання реакції витягується з кремнієвого розплаву. Кристали які отримані нарізають на тоненькі пластини товщиною 0,1-0,35 мм.

Далі елементи піддаються ряду технологічних операцій:

- обточування, шліфування і очищення;
- накладання захисними матеріалами;
- накладання декількох шарів металу;
- антирефлексійне покриття.

1) Полікристалічні фотоелектричні елементи

Процес створення світлових модулів з полікристалічного кремнію його більше використовують. Полікристалічний кремній складається з складається з різних кристалічних решіток кремнію.

2) Світлові панелі з аморфного кремнію

Сонячні модулі виготовлені з аморфного кремнію, мають коефіцієнт корисної дії 6%-8% це дуже малий коефіцієнт тому воно мало застосовується. Аморфний кремній отримують шляхом випарювання фази, коли тонка плівка аморфного кремнію осідає на матеріал воно захищається спеціальним покриттям для меншої взаємодії з зовнішнім середовищем (вода, окислення, подряпини). Ця технологія має переваги і недоліки.

Переваги:

- процес відносно дешевий, простий;
- можливість створення габаритних елементів;
- низьке споживання енергії.

Недоліки:

- ККД нижче, ніж інших елементах;

- елементи мають велику схильність до процесу руйнування.

3) Світлові панелі з телуриду кадмію.

Сонячні модулі виготовлені з телуриду кадмію його формула «CdTe», виготовлення здійснено за допомогою плівкової технології – це процес несення на основу телуриду кремнію на товщину від 3-7 мікрометрів.

Коефіцієнт корисної дії телуриду кадмію має 10%-12%.

4) Світлові панелі з CIGS

CIGS – це елементи міді, індію, галію і селену вони є напівпровідниками. Порівнявши панелі CIGS з панелями з телуриду кадмію, CIGS має більш високою ефективністю, величина його коефіцієнту корисної дії має 14-16%.

1.2 Типи світлових панелей та порівняння їх

Тип сонячних панелей вибереться спеціально для умов в яких він буде найефективніше експлуатуватися. Дані умови включають в себе: геолокацію, погодні умови, габарити установки, доступну площу для установки та інше.

На даний момент є безліч різних конструкції систем інсталяції сонячних модулів в досить великому ціновому діапазоні. Із запропонованого розмаїття можна виділити дві основні системні групи - статичні динамічні.

Статична система – це система, яка не взаємодіє з іншими системами, а динамічна – це взаємодія системи з іншими системами та розвиток їх завдяки одна одній і у історичному процесі цього розвитку дана система перетворюється на систему, що розвивається.

Динамічні системи – забезпечують автоматичне орієнтування ФМ за кутом до горизонту, зазимутом. Як одноосьові так і багато осьові системи .

Трекери з однією віссю обертання - Singleaxistrackers (SAT) ці трекери є одновісними. Обертання даного типу трекерів може бути розміщеним в будь-яких напрямках і використовувати будь який алгоритми стеження, такі як SPA (SolarPositionAlgorithm). Є декілька способів використання одно осьових установок. Вони мають трекери які складаються з горизонтальною, вертикальною , з похилою і з полярно-орієнтованою осею обертання

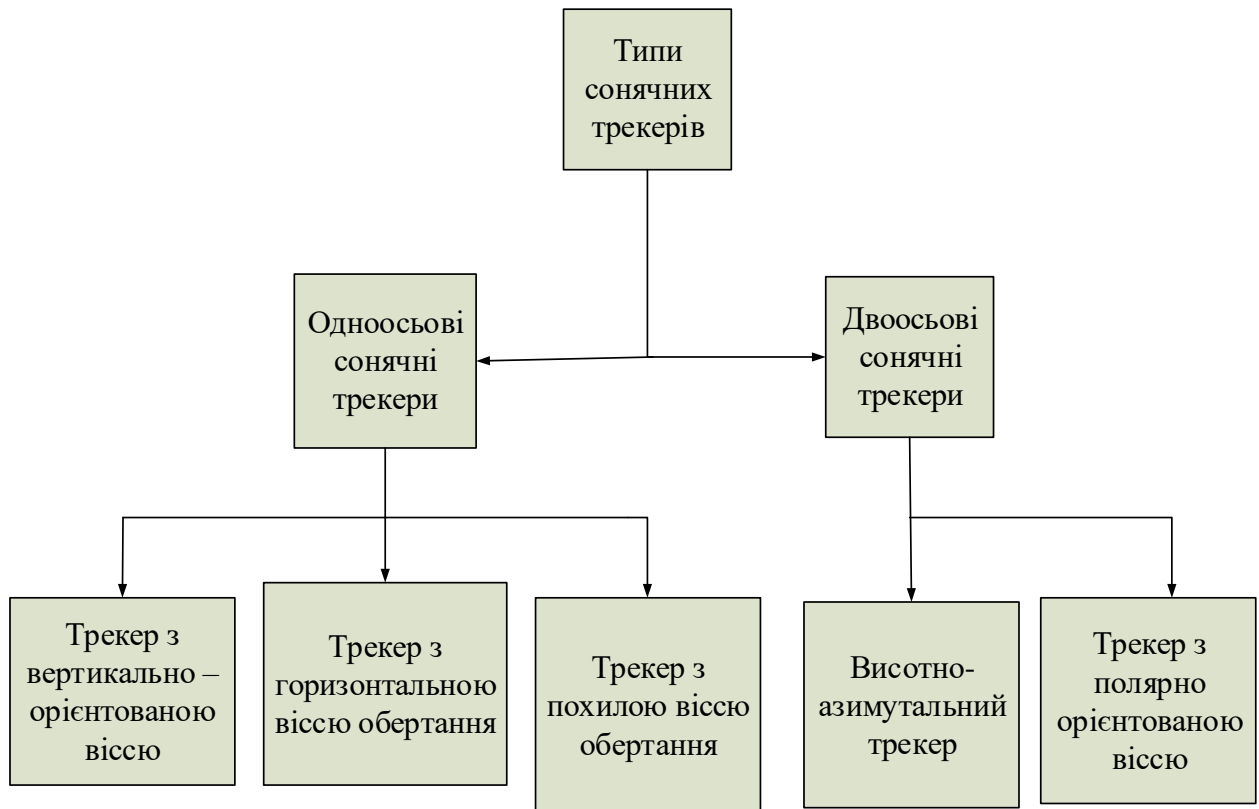


Рисунок 1.1– Класифікація сонячних трекерів

Більш розповсюдженими вважаються одноосьові трекери PSAT. Коли було встановлено трекер то коефіцієнт корисної дії буде в межах від 35 до 65 % в порівнянні із нерухомими панелями. Одноосьові трекери поділяться на:

1. Трекери з горизонтально орієнтованою віссю - Horizontalsingleaxistracker (HSAT) мають вісь обертання, розташовану горизонтально відносно до землі. На рисунку 1.2 показаний даний тип трекера.

Поля з горизонтальним є дуже гнучкими. Вона має просту геометрію яка вимагає щоб всі осі обертання були паралельні одна одній. Інтервали між осями забезпечує максимальне вироблення електроенергії, що залежить і від рельєфу, часу доби та пори року..

У горизонтальних трекерів довгі горизонтальні труби які спираються на підшипники встановлені опорах (сваях). Дані труби спрямовані північ-південь. Панелі кріпляться до труби, а труба буде обертатися навколо своєї осі, щоб відслідковувати рух сонця.

Різновидом горизонтальних трекерів є трекери, що встановлюються в напрямку півдня перпендикулярно до землі - WHSAT (Wall Horizontalsing leaxis tracker) .

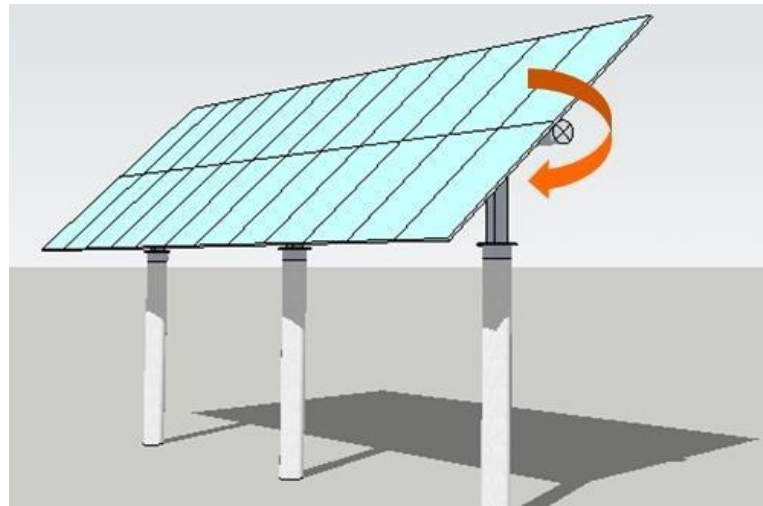


Рисунок 1.2 – Зображення трекера з горизонтально орієнтованою осею

2. Трекери з вертикальною осею обертання – Verticalising leaxis tracker в даному виді ось обертання вертикальна. Такі трекери зображені на рисунку 1.3. Такий вид трекерів обертається так щоб проміння сонця падало на панель під кутом 90^0 . Такі трекери має більшу ефективність в високих широтах, ніж горизонтальна. При побудові сонячних електричних станцій на великих територіях з даним типом трекерів потрібно враховувати затінення від сусідніх рядів, щоб не втрачати енергію і максимально задіяти доступну робочу площу фотоперетворювачів [9].

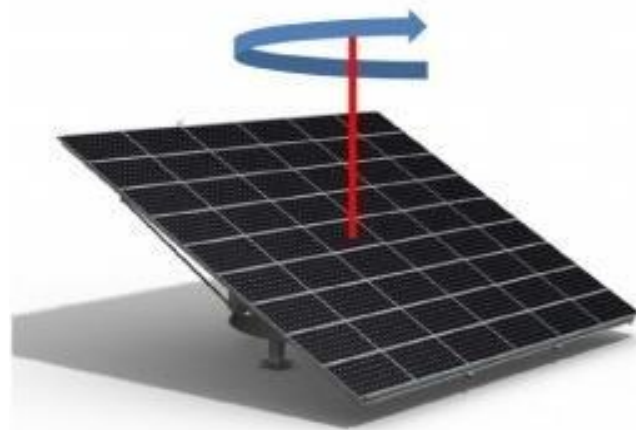


Рисунок 1.3 – Вигляд трекера з вертикально орієнтованою віссю

Вертикальний зазвичай мають конструкцію, орієнтовану під кутом до вісі обертання, а навантаження сонячними панелями встановлюються на неї.

3. Системи яка має одну похилу вісь – Tiltedsing leaxis tracker (TSAT), даний трекер має вісь обертання яка розташована горизонтально

та вертикальною (рисунок 1.4).

Трекер який має дві осі обертання, що обертаються – Dualaxis trackers (DAT) має два ступеня свободи, що імітує роль осей обертання. Даною віссю вони не пов'язані але працюють паралельно одна одній з однаковими командами регулювання. Буває декілька основних реалізацій установок з двома вісями обертання. Вони класифікуються за їх напрямом головної осі по відношенню до планети. Є два вида найбільш поширених двохосьових трекерів: TTDAT і AADAT.



Рисунок 1.4 – Зображення трекер з похилою віссю обертання

Трекери, який має дві осі обертання на одному несучому стовпі – Tilt dualaxis tracker (TTDAT), вони називаються так тому що масив з панелями монтується на кінці довгого несучого стовпа. Даний трекер показаний на рисунку 1.5. Рух двоосьових трекерів зі сходу на захід управляється за допомогою поворотом масиву навколо верхнього, нижнього полюса, на якому закріплений підшипник. В верхній та нижній частині обертового підшипника знаходиться механізм, який забезпечує вертикальне обертання панелей і дозволяє здійснити кріплення основними точками кріплення для масиву панелей.

Вид двохосьових трекерів це - трекер з полярно орієнтованою віссю обертання – Polarsing leaxis trackers полярно-орієнтована вісь обертання, вони виставляються за полярною зіркою. Тому їх називають трекером з полярною вирівняною віссю. У кожному конкретному випадку для полярно-орієнтованою віссю обертання кут нахилу дорівнює широті установки. Це

дозволяє вирівняти вісь обертання трекерів з віссю обертання планети .

Рекомендацією з установки полів світлових панелей з TTDAT точно такі як і для іншого виду або типу трекерів. Осі обертання TTDAT, зазвичай вирівнюються або по північному меридіану або по лінії широти схід-захід.

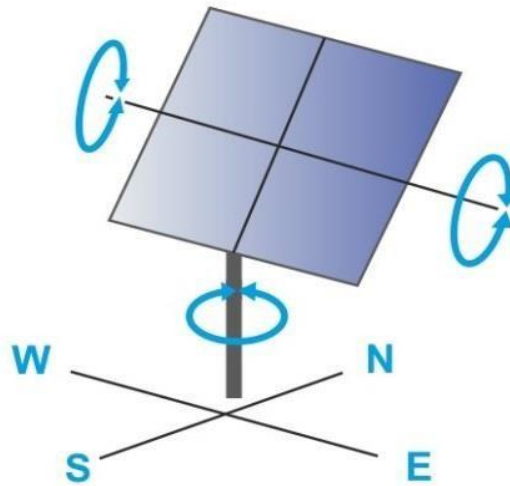


Рисунок 1.5 – Зображення трекера з двома осями обертання

Трекери з двома осями обертання і опорною площиною – Azimuthaltitudinal tracker (AADAT), в яких є головна вісь це - вертикальна (представлений на рисунку 1.6). Вони схожі на TTDAT, але відрізняються за способом повороту стола де розміщено світлову панель. Замість обертового навколо верхнього полюса опори, AADAT системи здебільшого застосовують велике кільце, змонтоване на землі або платформі. Вся система встановлюється на ролики або на велику платформу з підшипниками .

Основною перевагою такого розташування є те, що вага масиву розподіляється за закінченням кільця, на відміну якщо має одну точку навантаження полюса в TTDAT. Це надає AADAT, на відміну від TTDAT, підтримувати важчий та більший масив сонячних панелей або відбивачів. Але системи AADAT не може розміщуватись ближче один до одного, ніж діаметер кільця, що може статися зменшення щільності ефективності використаної площі, особливо з урахуванням тіні.

Система яка має орієнтацію для ФМ може бути відносно недорогою. Це робить їх особливо ефективними для систем де використовуються дорогі

енергоефективні панелі.

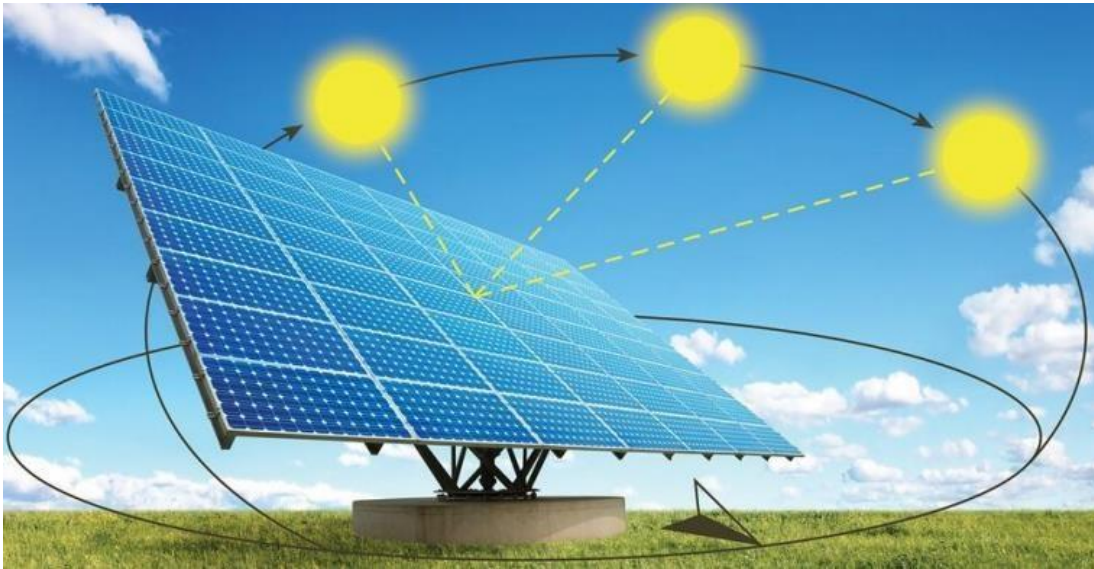


Рисунок 1.6 – Зображення системи орієнтації з двома осями обертання і опорною точкою

В основне говорять про перевагу використання системи орієнтації, але необхідно у різних умовах застосовувати конкретний вид . Двохосьові трекери взагалі є більш точнішими при орієнтації ФМ прямо на Сонце але за двохосьові системи потрібно дорожче заплатити та з часом їх надійність зменшується , ніж установки з одною віссю. Одноосьові системи використовують тому що вона має нижчу вартість і більш високу надійність, оскільки є менше факторів коли може щось піти не так при експлуатації системи як очікується. Працює ця система протягом 20 років і більше. Якщо розглянути групу двохосьових трекерів в похмурий день, вони є досить помірними, стає видно їх розосередження по всім напрямам. Тим часом, коли туман чи похмура погода група одноосьових трекерів забезпечить орієнтацію сонячних панелей в одному напрямі виробляти вони будуть ту саму кількість енергії в годину з набагато меншими втратами .

Основний алгоритмам управління активними трекерами можна виділити наступні типи системи:

- • управління за допомогою фотоелектричних датчиків;
- • управління з допомогою заданого алгоритму;
- • гібридна система управління.

Принцип роботи системи за допомогою управління фотоелектричних

датчиків. Робота таких систем будується на принципі порівняння показань фотоелектричних датчиків за допомогою мікроконтролера, який у свою чергу формує сигнал який здійснює регулювання. Виконавчим пристроєм у в трекерній системі є електричний двигун, який пов'язані з редуктором.

Принципова робота систем стеження, заснований на порівнянні показників фотоелектричних датчиків зображений нарис 1.7.

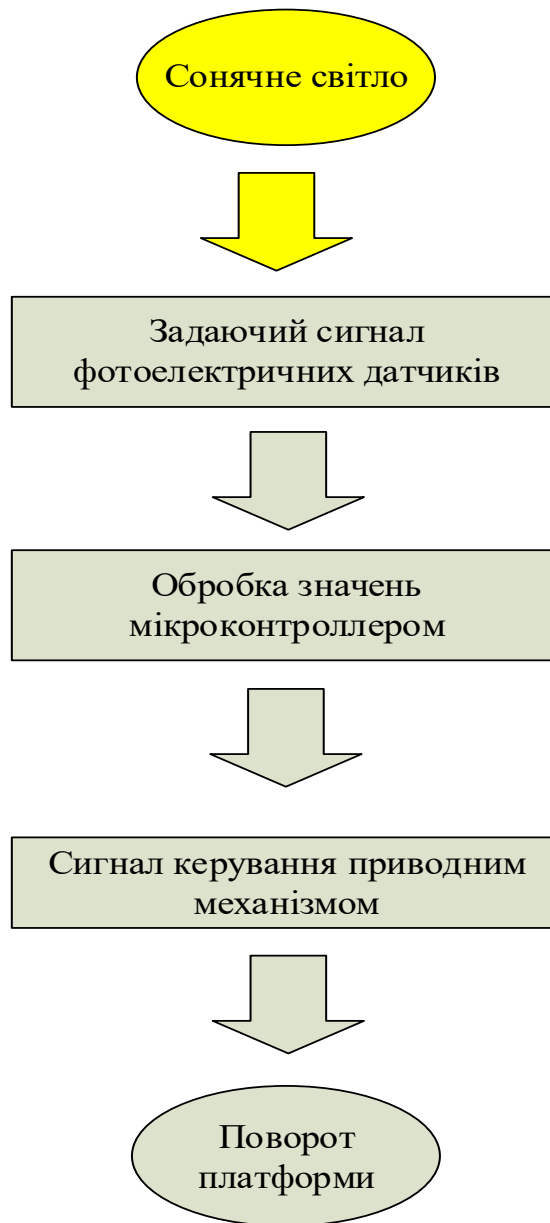


Рисунок 1.7 – Робота системи які засновані на порівнянні, спостереженні показників фотоелектричних датчиків.

При правильній роботі системи якої є принцип роботи, який заснований на порівнянні показників фотоелектричних датчиків які забезпечують дві основні умови такі як: правильно встановлені фото датчики і коректно

встановлений програмний код для мікроконтролера.

Програма мікроконтролера повина подавати сигнал на виконавчий пристрій при дотриманні однакових умові відключати керуючий сигнал в момент дотримання інших умов.

Установка фотодатчиків повинна забезпечити різницю показників однієї або двох пар фотоелектричних сенсорів. Існує три способи установки фотоелектричного датчика. Така система зображена нарис. 1.8.

Перший спосіб установки має розташування двох датчиків на одній площині. Розміщення по середині між двома датчиками розташовується затінюють пристрій. Це затінюють пристрій обмежує рівень освітленості одного з датчиків, за умови, що всі пристрій повернуто до світлових променів на деякий градус.

Другий спосіб установки має розташувати фотоелектричні датчики на двох гранях трикутної призми, та може мати розміщення на чотирьох гранях піраміди з квадратом в підставі. Коли буде таке розташування, різниця рівнів освітлення забезпечує самостійне корегування та настройка розташуванням датчиків.

Третій спосіб установки має найбільш точніші показники датчиків. Коли вимагає високоточних вимірювання датчиків і наявності коліаторної труби. Коліаторна трубка—являє собою пристрій який розміщує в центрі вузький проріз, яка обмежує потрапляння на датчики відображених і переломлених сонячних променів та дозволяє пропускати тільки прямі світлові промені. Даний спосіб визначає положення Сонця, рідко застосовується, так як пристрої з таким принципом має значно більшу та високу вартість.

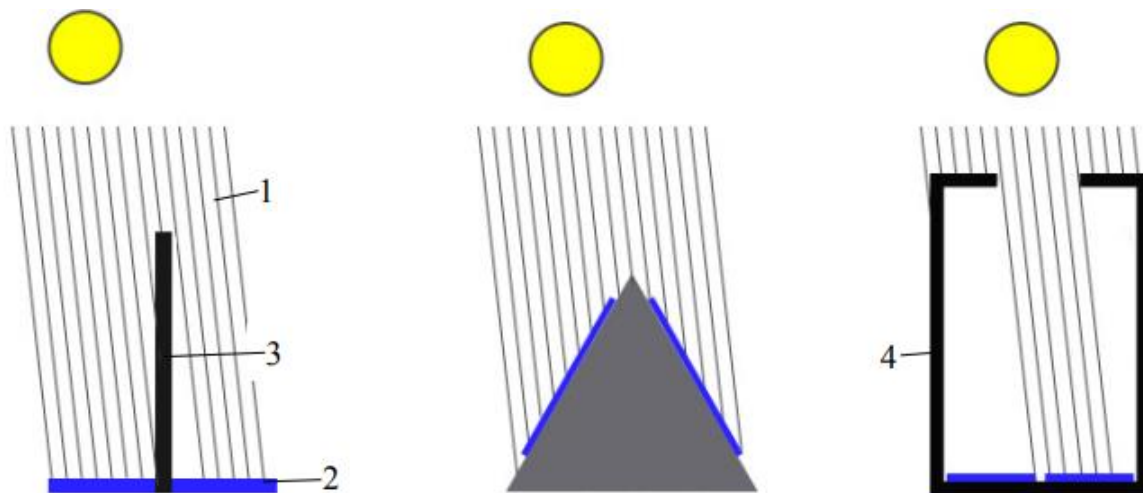


Рисунок 1.8 – Схема установки фотоелектричних датчиків

На рисунку 1.8 зображено: 1 - світлові промені; 2 - фотоелектричний датчик; 3 –затіннювальний пристрій; 4 - коліаторна труба.

Перевагою даних систем, що використовуються для орієнтації несонячне проміння принцип порівняння фотоелектричних датчиків, є відносна простота алгоритму роботи. Недоліком такої системи є хмарні дні. Уразі, коли хмара затінює трекерна систему з фотоелектричними датчиками, останні фіксують близькі значення освітленості з обох сторін граней піраміди. Це пов'язане з тим, що хмара рівномірно розсіює світлове світло, забезпечуючи майже однакове освітлення всіх фотодатчиків з уявним джерелом світла, що знаходяться перпендикулярно до поверхні планети. Тоді мікроконтролери подають такі сигнали тому дана платформа орієнтується паралельно поверхні планети. Після закінчення часу затінення хмарою, система починає здійснювати рухи в пошуку нового положення планети.

Система слідкування за сонцем, яка керується за попередньо заданим алгоритмом має перевагу за вищеописаному. Така система заснована на принципі установки певних кутів положення слідкуючої площини відповідно до поточного часу. Трекер, заснований на алгоритмі не вимагає установки датчиків і аналізу даних в режимі реального часу. Управління такою системою здійснюється за допомогою програми. Програма може мати базу даних з кутами

нахилу і повороту для певних відрізків часу для кожного дня в році або записаний в неї алгоритм розрахунку кута положення сонця.

Недоліком даної системи позиціонування, заснованої на попередньо заданому алгоритмі, є відсутність зворотного зв'язку за виключення виробленої енергії. Це означає, що при збою в алгоритмі, він буде виявлений лиш тільки через деякий час, і за умови наявності даних для порівняння.

Є такі системи, які не мають таких недоліків як в системах які засновані на показаннях фотоелектричних датчиків, заснованих на попередньому алгоритмі. Ці системи використовують одночасно обидва принципи позиціонування. Така гібридна система може мати два своїх принципи роботи.

Перший принцип передбачає управління, стежить за майданчиком трекерів, орієнтуючись на показання фотоелектричних датчиків. Однак, під час хмарності світло рівномірно розсіюється і одночасно з чим падає рівень освітленості, алгоритм управління фіксує знижений рівень освітленості перемикає режим управління в «режим годин». У новому режимі система продовжує рух, опираючись на алгоритм розрахунку положення сонця, відносно реального часу і перемикається назад в «відслідковуючий режим» коли зафіксує фотоелектричний датчик рівень освітленості, він виявиться вище заданого.

При другому принципі роботи гібридної установки при якому відбувається стеження, ця система полягає у використанні алгоритму для позиціонування стежить майданчика. Однак ця система використовує фотоелектричні датчики в якості зворотнього зв'язку для того щоб реєструвати можливу розбіжність між поточним становищем майданчика і фактичній різниці освітленості фотоелектричних датчиків.

Активність трекерної системи має недолік такий як необхідність постійного електроживлення, а пасивному не потрібне. Активні мають переваги над пасивними такі як:

- велика точність позиціонування;
- висока несуча здатність систем;
- гнучке в управління.

2 АНАЛІЗ ВПЛИВУ СЕС «ІМПЕРІАЛ ЕНЕРГО» НА РЕЖИМИ РОБОТИ ДЮЧОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Розрахунок рівнів навантажень прилеглої мережі та рівнів споживання мережі СЕС "Імперіал Енерго"

Мета даного розділу це прогноз електричних навантажень на період для якого характерні сезони та періоди доби. Після того як ми отримали результати вони були розроблені у розрахункові схемі для дослідження режимів роботи мережі 35 кВ, 110 кВ і вище який прилеглий району розміщення СЕС. Споживання електричної енергії групою споживачів ПАТ "Вінницяобленерго" за підсумком 2021 р. представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1-Споживання електроенергії групами споживачів ПАТ "Вінницяобленерго" за 2021 рік

Групи споживачів	Споживання електроенергії. тис.кВт*год	%
Споживання електроенергії - всього	3438075	100,00
Промисловість	540685	15,73
Сільгоспспоживачі	271862	7,91
Транспорт	316380	9,20
Будівництво	10816	0,31
Комунально-побутові споживачі	405755	11,80
Інші споживачі	101731	2,96
Населення	1334074	38,80
Втрати + власні потреби	456754	13,29

Найбільше електричне споживання в області займає населення яке має 38,9%, а промислові споживачі споживають на близько 15,74 %.

Для оцінки зміни добового графіка навантаження Вінницької області, на

рис 2.1 наведено добові графіки споживання електричної енергії в день зими та в літа.

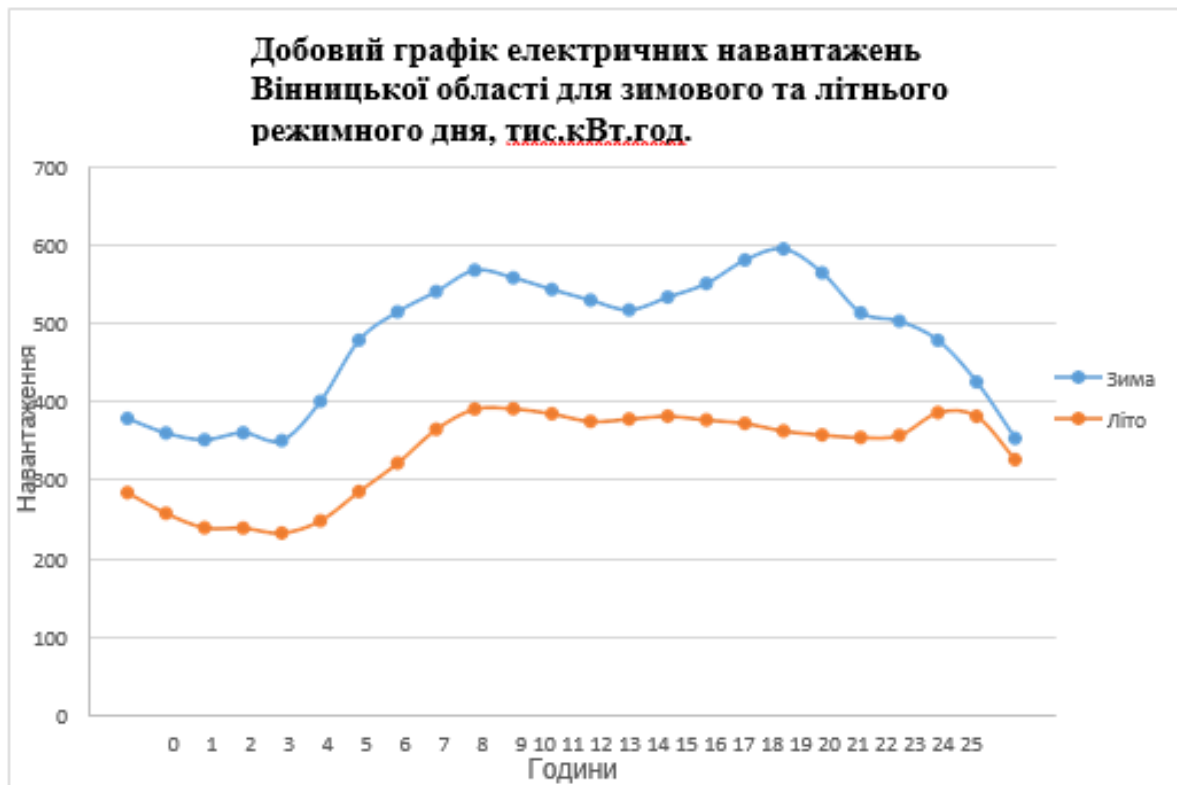


Рисунок 2.1 – Графік добового електричного навантаження Вінницької області в зимній та літній режим дня

Зимове навантаження характеризується графіком який є явно вираженим пікам на вечірній та ранковий максимум. Коефіцієнт який заповнений на графіку на вечірній максимум у Вінницькій області складає понад $K_{зв}=P_{сер}/P_{мах.в}=0,82$, а на ранковий максимум $K_{зр}=0,85$. Коефіцієнт нерівномірності для зимового графіку складає $K_{нр}=P_{мін}/P_{мах}=0,6$.

Літнє навантаження подібне до зимового графіка за формою та характеризує наступні показники: вечірній коефіцієнт заповнення $K_{зв}=0,88$, ранковий коефіцієнт заповнення $K_{зр}=0,87$, коефіцієнт нерівномірності $K_{нр}=0,6$.

Ці два графіки характеризує вираження денним провалом навантажень та на якому явно виражені нічні спади споживання. Підставою вважають - істотні завантаження транзитного зв'язку, які відбуватимуться саме у годину літнього денного зниження навантаження при зменшеному відборі навантажень та максимальної генерації СЕС та самій вищій температурі навколишнього середовища.

Розрахунок рівнів перспективного та базового електричного споживання Вінницької області використовується статистичний метод за основу береться ретроспективна звітна інформація. Вихідні дані це є електрична енергія, яка використовувалася ПАТ "Вінницяобленерго" за інтервалом 5 років.

Динамічна зміна величини споживань електричної енергії за період з 2016 по 2021 рік наведена на рисунку 2.2.

Максимальний рівень споживання за ретроспективний період був у 2021 році, мінімальне у 2019р.

Прогноз споживання електроенергії (перспективний) визначається за формулою:

$$W(t) = W(0) \cdot (1 + W_{nn})^t.$$

де $W(t)$ – прогноз споживання електроенергії за t рік;

$W(0)$ – фактичне споживання електричної періоду;

W_{nn} – відносний середньорічний приріст;

t – рік прогнозу.



Рисунок 2.2 – Ретроспективні дані по споживанню

У відповідності до вимог НКРЕКП 40.1-0010227-104:2017 р., прогнозом споживання необхідність виконувати для населення окремо. Результатом розрахунку є ретроспективний та перспективний відносно середньорічного

споживання споживачів електричною енергією зображено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Ретроспективне споживання електричної енергії «Публічне акціонерне товариство "Вінницяобленерго"», тис.кВт*год

Група споживачів	2017 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.	2021 р.	w_{pn}	w_{nn}
Населення	1310177	1350405	1318770	1347735	1334074	0,000	0,005
Інші споживачі	1947669	1788261	1783186	1887187	2103983	0,052	0,028
Всього по області	3257846	3138666	3101956	3234922	3438057	-	-

Розрахунки за перспективний відносний середньорічний приріст споживання електричної енергії для населення складає 0,6% та 2,9% для інших споживачів. За результатом який проведено на розрахунках які є перспективні для споживання електроенергії Публічне акціонерне товариство "Вінницяобленерго" зображено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3- Перспективне споживання електричної енергії Вінницької області

Група споживачів	2017 р.	w_{nn}	2019 р.	2024 р.
Населення	1334074	0,005	1347448,092	1381473
Інші споживачі	2103983	0,028	2224609,404	2557306
Всього по області	3438057	-	3572057,495	3938778

2.2. Основні умови при проведенні розрахунків

Даний розділ здійснює розрахунки та аналіз ремонтних та ремонтно-аварійних режимів електромережі району приєднання СЕС «Імперіал Енерго». ПРИ приєднанні СЕС "Імперіал Енерго" завантаження ліній та трансформаторів

району приєднання станції, повинні бути у межах норми.

У розділі проходить розрахунок для навантаження в 2021 року (рік введення станції в роботу) та для прогнозу її роботи на термін п'ятирічної перспективи.

Розрахунок моделей електричної мережі враховує в себе діючий об'єкт альтернативної електроенергетики та перспективні електричні станції області приєднання СЕС Замовника, на приєднання яких видано технічні умови. Перелік електричних станцій, роботу яких враховано у розрахунках наведено у Таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Перелік діючих та перспективних генеруючих потужностей району приєднання СЕС

Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановле на потужність, МВт
Діючі об'єкти малої гідроенергетики та когенераційні установки		
Н.Константинівська ГЕС	ПС 110 кВ "Летичів"	0,53
Щедрівська ГЕС	ПС 110 кВ "Летичів"	0,64
Сутиська ГЕС	ПС 110 кВ "Гніваний"	1,4
Сабарівська ГЕС	ПС 110 кВ "Агрономічне"	1,05
Сандрацька ГЕС	ПС 110 кВ "Курортна"	0,64
Нижньодністрівська ГЕС	ПС 110 кВ "Яришів"	8,0 (для 2020р.)
Діючі сонячні електростанції		
ФЕС Балки	ПС 110 кВ "Балки"	7,0
ФЕС Бар	ПС 110 кВ "Балки"	6,05
ФЕС ТОВ "Праймвуд"	ПС 110 кВ "Шаргород"	7,982
ФЕС ТОВ "РенджиСарата"	ПС 110 кВ "Шаргород"	9,552
ФЕС ТОВ "Енергосолар Про"	ПС 110 кВ "Шаргород"	6,0
ФЕС Селище-2	ПС 110 кВ "Літин"	0,65

Продовження таблиці 2.4

Писарівська ФЕС	ПС 110 кВ "Калинівка"	2,42
Слобода-Бушанська ФЕС-2	ПС 110 кВ "Івонівка"	1,25
Слобода-Бушанська ФЕС-1	ПС 110 кВ "Михайлівка"	0,63
Гальжбіївська ФЕС	ПС 110 кВ "Михайлівка"	1,47
Гальжбіївська ФЕС-2	ПС 110 кВ "Ямпіль"	0,51
ФЕС Вендичани-1	ПС 110 кВ "Яришів"	1,0
ФЕС Вендичани-2	ПС 110 кВ "Яришів"	1,0
ФЕС Вендичани-2	ПС 110 кВ "Яришів"	0,49
ФЕС Вендичани-4	ПС 110 кВ "Яришів"	1,867
ФЕС Кукавка	ПС 110 кВ "Яришів"	1,0
ФЕС ТОВ "Імперіал Енерго"	ПС 110 кВ "Яришів"	0,5
ФЕС Пороги	ПС 110 кВ "Пороги"	4,495
ФЕС Гнатків	ПС 110 кВ "Гнатків"	4,5
Інші діючі ЕС		
БіоЕС ТОВ "АЕУ Енерго"	ПС 110 кВ "Оленівка"	0.999
КГУ КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго"	ПС 110 кВ "Південна"	1,2
КГУ ТОВ "Теплокомуненерго Маяк"	ПС 110 кВ "Західна"	1,26
КГУ ТОВ "Агробудтехнології"	ПС 110 кВ "Південна"	0,63
КГУ ТзОВ "Юзефо-Миколаїв"	ПС 110 кВ "Сигнал"	2,5
Перспективні ГЕС		
Нижньодністрівська ГЕС (вихід на проектну потужність)	Л 110 кВ "Дністрівська ГЕС - М.Подільський"	40,8 (2023р.)
Перспективні сонячні електростанції		
ФЕС ТОВ "Енергія ВЛ"	ПС 110 кВ "Гнівань"	0,6
ФЕС ТОВ "СОЛАР ПАУЕР"	ПС 110 кВ "Деражня"	9,0
ФЕС ТОВ "Сонячна Деражня"	ПС 110 кВ "Деражня"	9,6
ФЕС ТОВ "Імперіал Енерго"	ПС 110 кВ «Яришів»	2.55

Продовження таблиці 2.4

Найменування електростанцій	Точка приєднання	Встановлена потужність, МВт
ФЕС ТОВ "Холдингова компанія "Енергія Поділля"	ПС 110 кВ "Летичів"	3,0
ФЕС ТОВ "ЕНЕРДЖІ СТРИМ"	ПС 110 кВ "Летичів"	3,5
ФЕС ТОВ "СТАНІСЛАВ ІНВЕСТ"	ПС 110 кВ "Станіславчик"	8,0
ФЕС ТОВ "Енергетичні екологічні технології МП"	ПС 110 кВ "М.Подільський"	16,0
ФЕС ТОВ "САНВІН 4"	ПС 110 кВ "Немирів"	9,5
ФЕС ТОВ "Імперіал Енерго"	ПС 110 кВ "Яришів"	2,5
ФЕС ТОВ "Грін Електра"	ПС 110 кВ "Яришів"	5,1
ФЕС ТОВ "ПлисківЕнерджи"	ПС 110 кВ "Плисків"	6,00 (2020р.)
ФЕС ТОВ "Погребище Солар Парк"	ПС 110 кВ "Погребище"	9,00 (2020р.)
ФЕС ТОВ "Сервістрансавто"	ПС 110 кВ "Сигнал"	1,35 (2020р.)
ФЕС ТОВ "Джімакс Груп"	ПС 110/35/10 "Балки"	16,00 (2020р.)
Інші перспективні ЕС		
КГУ ТОВ "Контур"	ПС 110 кВ "Південна"	5,0 (2019р.)
КГУ "Вінницяміськтеплоенерго"	ПС 110 кВ "Південна"	5,0 (2019р.)

У розрахунках для 2020 р. видача потужностей Нижньодністровської ГЕС в електричну мережу Приватного акціонерного товариства "Вінницяобленерго" 10 МВт через Т-1 ПС 110 кВ "Яришів". Для 2025р у розрахункових схемах враховано що Нижньодністровська ГЕС вийде на повну проектну потужність це 41 МВт із будівництво пристанційного вузла 110 кВ, який приєднується по схемі "захід-вихід" до діючої Л 110 кВ "ДсГЕС-М.Подільська1".

Аналіз режиму роботи електромережі, проведення оцінки найбільш важких режимів роботи. Рівень генерації сонячної станції суттєво залежить від

попадання сонячних пролінь на панель ,та справнісьсь самої станції, яка в свою чергу пов'язана із погодними умовами порою року. Експлуатація фотогальванічних електростанцій в Україні найбільшу ефективність мають фотогальванічні електричні елементи електричної станції які знаходиться в межах між 8:45 та 17:30 в літній період та 10:30 та 15:15 в зимовий період. В середнені добова характеристика зміни потужностей фотогальванічних електричних станцій залежно від сезону пори року наведено на рисунку 2.3.

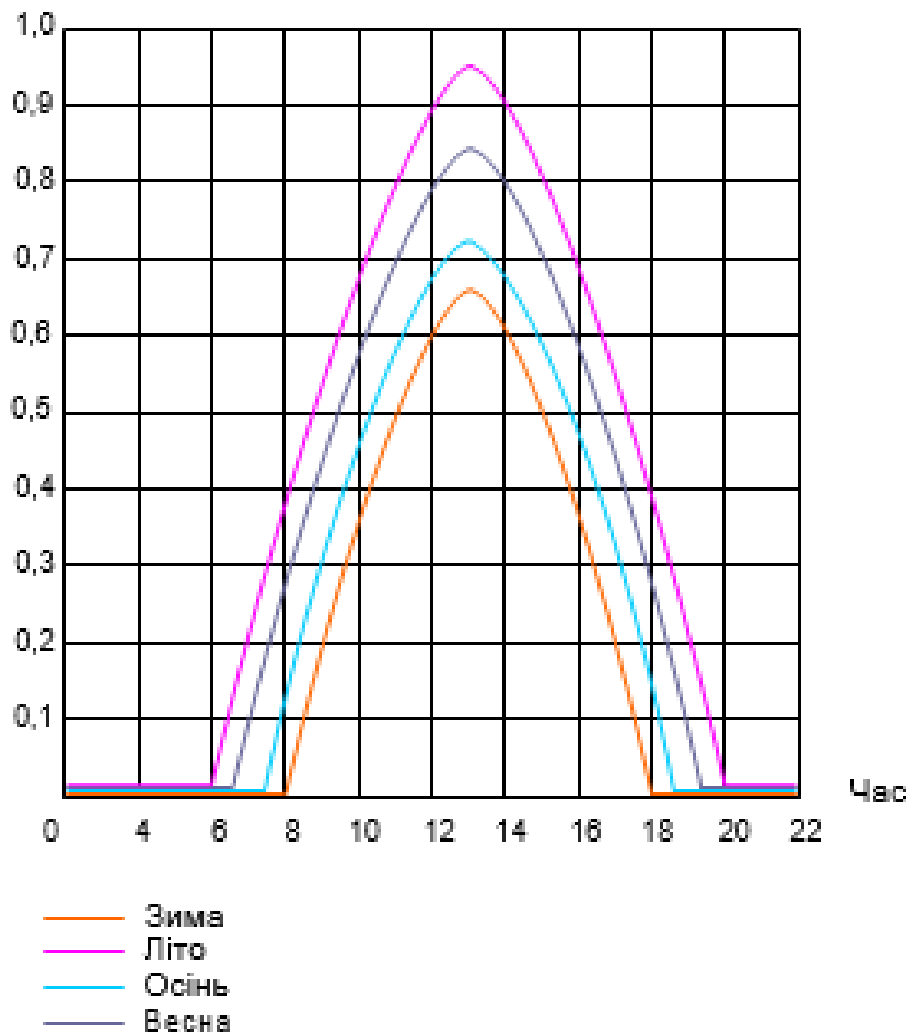


Рисунок 2.3 – Графік видачі електроенергії СЕС в різні пори року

Усталених режимів виконані відповідно до вимог НКРЕКП. Точка розмикання мережі 110-35 кВ прийнята до нормальної схеми мереж Приватного акціонерко товариства "Вінницяобленерго". Положення РПН АТ 330/110 кВ на ПС 330 кВ Вінницька, ПС-330 кВ Бар, ПС-330 кВ Хмельницька, Дністровській ГЕС прийнята згідно із діючим графікам напруг Південно-Західної електричної станції. Статична характеристика напруги не

враховується.

Робоча напруг прийнята згідно ПТЕ є максимальною. Мінімальна допустима напруга для вузла навантаження визначено згідно СОУ-Н МАВ 41.1 - 00200237

– 69:2017 "Стійкість енергетичної системи. Керівна вказівка" та НАП електричних станцій для нормального і ремонтного режиму.

Моделі які були розраховані будуть включені в себе повну схему сонячної електричної станції графічна частина якої є схема відображення району приєднання фотогальванічної електричної станції «Імперіал Енерго».

Завантаженість електричного обладнання при максимальному струмі в літній період прийняте з ПУЕ для максимальної температури в літку для Південно-Західного регіону $+37^{\circ}\text{C}$.

Топологічна схема електричної мережі для розрахунка в 2020р. відповідає діючій. Розраховуючи модель 2026 року було враховано паралельну роботу та замикання транзистора 110 кВ між підсилювальною системою 110 кВ "Могилів-Подільський" та "Яришів", що перспективу в планах приватного акціонерного товариства "Вінницяобленерго" та Південно-Західна електрична станція.

Замість вихідних даних використовується дані з режимного виміру приватного акціонерного товариства "Вінницяобленерго" та ДП "НЕК" Укренерго". Навантаження розраховано в схемі яку збільшено пропорційно замірним перспективного приросту.

Враховуючи широке регулювання реактивної потужності сонячної станції яка має ($\cos\phi \pm 0.9$), світловий виробіток може працювати як стабілізатор рівня напруги та шляхом зміни коефіцієнту потужностей. У розрахунках світлової станції «Імперіал Енерго» прийнято з нульовою реактивною потужністю. Робота світлової електричної станції з $\cos\phi$ відмінним від одиниці який буде застосовуваний при необхідності регулювати напругу в електромережі, та будуть такі умови $\text{tg}\phi \leq 0.3$.

2.3. Розрахунок нормальних, ремонтних та ремонтно- аварійних режимів роботи електричної мережі

Токовий розподіл при нормальному режимі роботи електромережі з вимкнення генерації СЕС «Імперіал Енерго».

Автоматичні трансформатори 330/110 кВ, транзитний зв'язок якого 110 кВ працює з запасом по навантажувальній здатності. Максимальне завантаження місця є лінія 110 кВ "Бар - Чернятин" - 47%. На підстанції 110 кВ "Могилів- Подільск" Т- 1 та Т- 2 максимальне завантаження досягає 54% та 31% відповідно.

Робота електромережі, після ввімкнення сонячної електричної станції «Імперіал Енерго»

Лінія навантажена 10 кВ (фідер №21 ПС 110 кВ "Могилів- Подільск"), яка приєднана до проекту СЕС складає 78%. В якому навантаження транзитного зв'язку 110 кВ залишається у межах норми.

На підстанції 110 кВ "Могилів- Подільск" зміна напруги не має перевищувати 0.1 кВ.

В роботі було розроблено після аварійний режим роботи електромережі:

- вимкнення Т- 1 на підстанції 110 кВ "Могилів- Подільск";
- Зазначений режим характеризується завантаженням Т-2 ПС 110 кВ Могилів-Подільск" до 103%. При відключенні СЕС «Імперіал Енерго» завантажувальність зросла до 125%. Виходячи з вище зазначених видно що при увімкненні в мережу СЕС «Імперіал Енерго» покращує даний ремонтний режим.

- вимкнено Т-2 на підсилювальна станція 110 кВ "Могилів- Подільск";
- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільск- Чернятин";
- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільск- Сутиски";
- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільск- Тюшки";
- вимкнено Л 110 кВ "Шаргород - Коньова ";
- вимкнено Л 330 кВ "Вінницька 330 - Бар";
- вимкнено АТ- 1(1) підсилбвальна станція 330кВ "Вінницька";
- вимкнено АТ- 1(2) підсилювальна станція 330кВ "Бар ";

Розрахунки нормативного збурення та рівень напруги навантаження мережі знаходяться у нормі.

Розраховані ремонтно-аварійний режим:

- вимкнено АТ- 1 та АТ- 2 підсилювальна станція 330 кВ "Вінницька";
- вимкнено АТ- 1 та АТ- 2 підсилювальна станція 330 кВ "Бар";
- вимкнено лінію 110 кВ "Шаргород - Коньова " та лінія 110 кВ "Могилів-Подільськ - Тюшки";

При вимкненому режимі АТ- 1 та АТ- 2 підстанції 330 кВ "Вінницька" відбувається завантаження лінії 110 кВ "Вінницька 330 – Вінницька 750" позначка підходить до 135% та транзиту 110 кВ "Бар - Могилів- Подільськ" до 115%

Без врахування роботи СЕС «Імперіал Енерго» При цьому режимі завантажувальність транзитних ліній 110 кВ не змінюється.

Ремонтно-аварійні режими у інших рівнях напруги та навантажувальності транзитної мережі є у нормі.

Розрахунок моделі має наступну відмінність у порівнянні до схеми 2021 року:

- врахована видача потужностей Нижньодністровської гідроелектричної станції у мережу 110 кВ через перспективний пристанційний вузол;
- включення в роботу перспективної СЕС, ввід до експлуатації, в яких очікується після 2021 року відповідно до розділу 3 даної роботи;
- замикання на паралельну роботу по мережі 110кВ підстанція 110 кВ "Могилів-Подільський" та "Вінниця".

Струмовий розподіл для нормальних режимів роботи електромережі. Автоматичні трансформатори 330/110 кВ, транзитні зв'язки між ними лінія 110 кВ працює з запасом по навантажувальній здатності лінії.

Для 2025 р. розраховано наступні нормативні збурення:

- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільськ- Чернятин";
- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільськ - Сутиски";
- вимкнено Л 110 кВ "Могилів- Подільськ- Тюшки";
- вимкнено Л 110 кВ "Шаргород - Коньова ";

- вимкнено Л 330 кВ "Вінницька 330 - Бар";
- вимкнено АТ-1(2) ПС 330 кВ "Вінницька";
- вимкнено АТ-1(2) ПС 330 кВ "Бар";
- вимкнено АТ-1 та АТ-2 ПС 330 кВ "Вінницька", (без проектної СЕС);
- вимкнено АТ- 1 та АТ- 2 ПС 330 кВ "Бар".

В даному ремонтно-аварійному режимі, напруги і рівень завантаження транзитних мереж знаходяться у нормі.

Таблиця 2.10 – Кількість отриманої світлової енергії для стаціонарної панелі протягом одного року

місяць	Січ.	Лют.	Бер.	Квіт.	Трав.	Черв.	Лип.	Серп.	Вер.	Жовт.	Лист.	Груд
$S_{гпр},$ Втгод/м ²	176,3	257,2	343,4	406,1	587,7	597,3	608,2	595,4	544,1	425,3	250,3	188,4

При наочному порівнянні отримуємо значення які побудовані на графіку (рисунок 2.1 та рисунок 2.2).

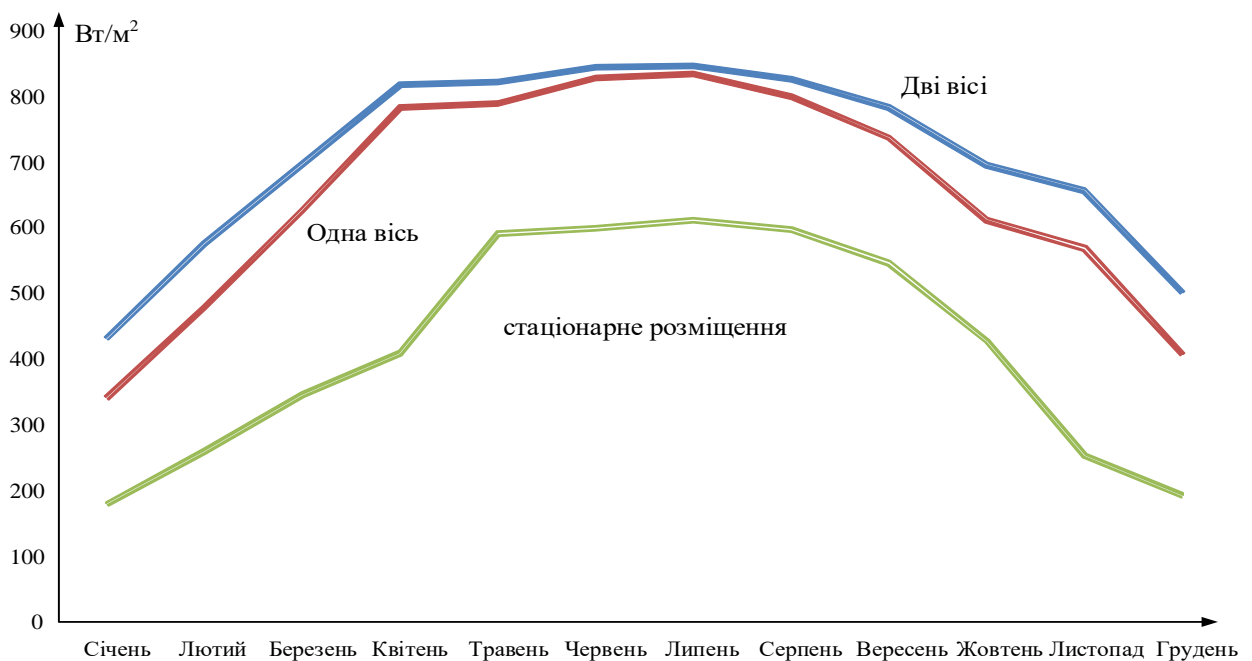


Рисунок 2.1 – Графік зміни максимальної кількості отриманої сонячної енергії протягом року, Вт год/м²

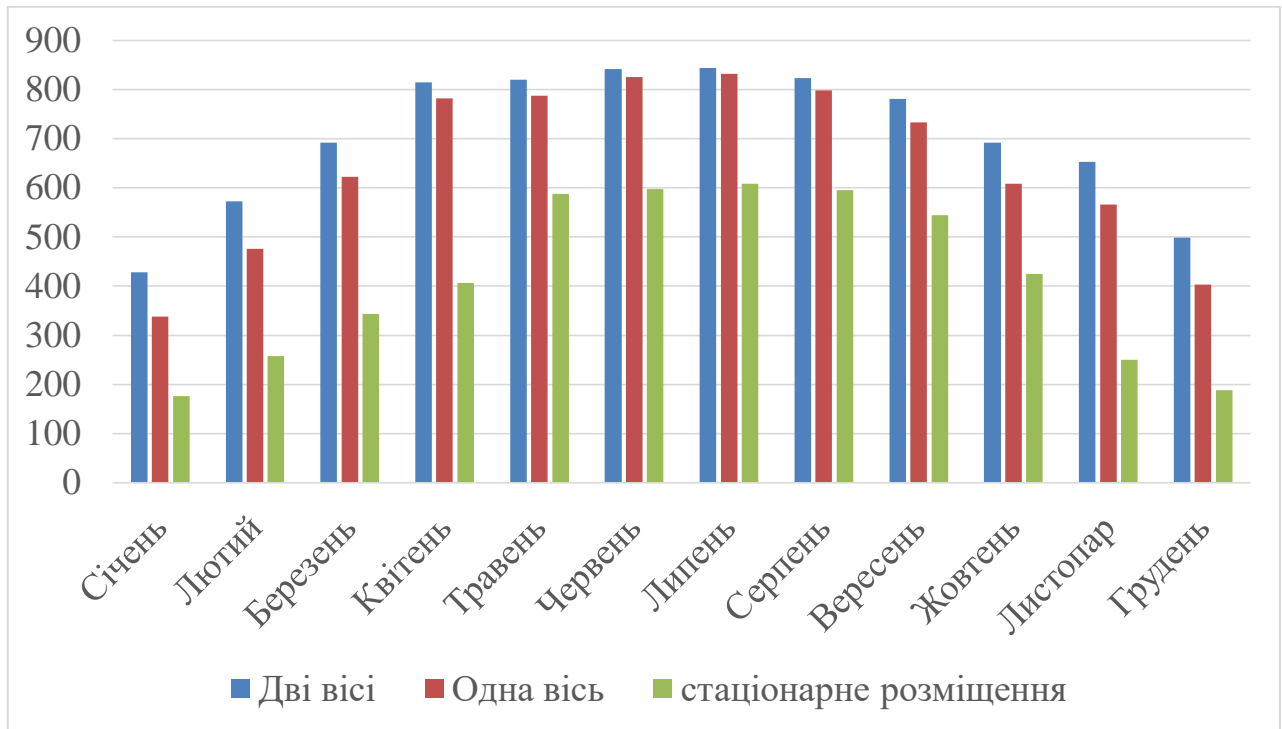


Рисунок 2.2 – Порівняльна гістограма максимальної кількості отриманої світлової енергії протягом одного року, кВт год/м²

Визначення системи орієнтації яка є більш ефективною за інші проведемо розрахунки у відсотковому значенні.

$$E_D = \frac{S_{\text{гппр}} - S_{\text{гппс}}}{S_{\text{гппр}}} \cdot 100 \quad (2.11)$$

де $S_{\text{гппд}}$ – величина світлової енергії що потрапляє на одновісну систему орієнтації,

$S_{\text{гппс}}$ – значення яке отримане від прямої світлової енергії для нерухомої світлової панелі.

$$E_D = \frac{8461,6 - 4997,9}{4997,9} \cdot 100 = 68.$$

$$E_O = \frac{S_{\text{гппр}} - S_{\text{гппс}}}{S_{\text{гппр}}} \cdot 100\% \quad (2.12)$$

де $S_{\text{гппр.о}}$ – значення світлової енергії що потрапляє на одновісну систему орієнтування,

$$E_0 = \frac{7772,8 - 4997,9}{4997,9} \cdot 100\% = 55\%$$

$$E_0 = \frac{S_{\text{гппр}} - S_{\text{гппр}}}{S_{\text{гппр}}} \cdot 100\% \quad (2.13)$$

$$E_0 = \frac{8461,6 - 7772,8}{7772,8} \cdot 100\% = 9\%$$

Під час розрахунків видно що використання двовісної системи орієнтації дає змогу збільшувати продуктивність на 69%, а також на одновісній на 57%. Найбільшим є збільшення продуктивності які спостерігаються в період «жовтня – березень», у порівненні з стаціонарним.

Щоб зменшити витрати електроенергії потрібно зменшити періодичність включення електричного приводу. Але разом з цим буде менша точність позиціонування.

На прикладі візьмем наступні значення точності: 5°, 7°, 10°, 15°, 20° та 30°.

При зменшенні точок позиціонування системи контролю не буде використовувати лишню електричну енергію вона дозволить зменшити не лише споживану потужність, але і вироблену потужність в порівненні з безперервною роботою. Тобто при необхідності розрахувати інтервал часу щоб зменшити витрати потужності.

Таблиця 2.17 – Втрата електричної потужності ФМ в залежності від кута відхилення сонця [15]

Кута відхилення від нормалі	Втрата потужності
5°	0,6%
7°	1.6%
10°	6%
15°	12%
20°	28%
30°	50%

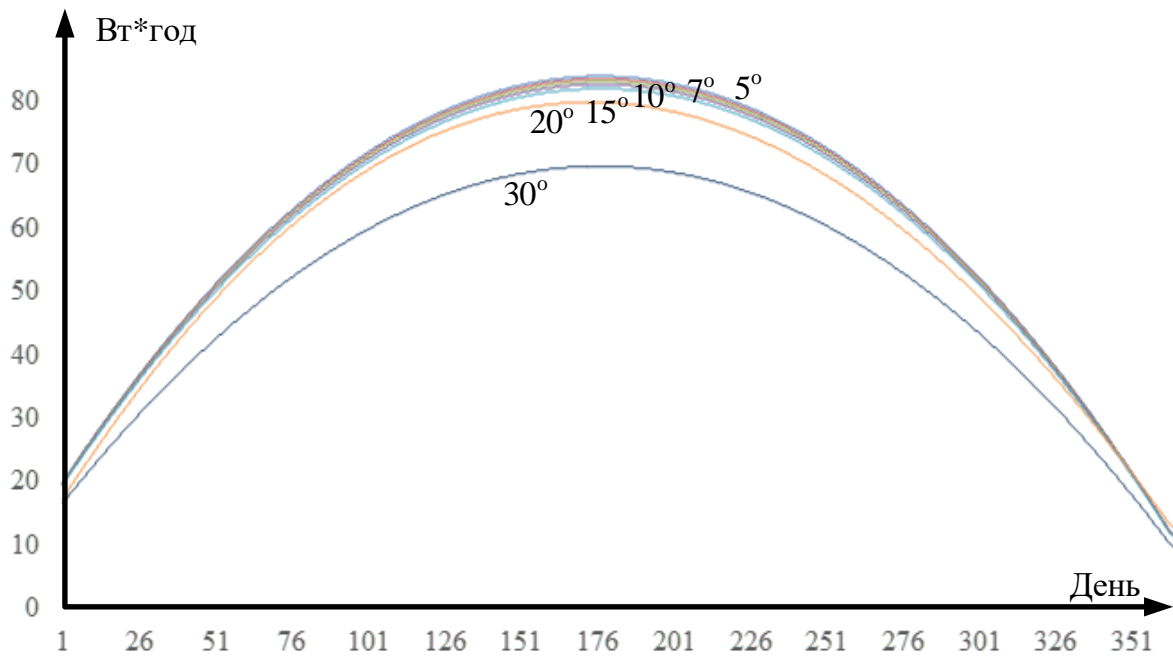


Рисунок 2.3 – Графік вироблення енергії в залежності від точності позиціонування

Проведемо аналогічні розрахунки для всіх кутів відхилення. Таблиця зі значеннями кількості раз включень та витраченої електричної енергії за день зображено в додатку В. Розрахунок наведений в таблиці . 2.18.

Таблиця 2.18 – Витрати електричної енергії на позиціонування, система з різною точністю.

Позиціонування	Витрачена електрична енергія за рік Вт-год
5°	185,92
7°	119,882
10°	93,9389
15°	69,906
20°	56,58
30°	40,76

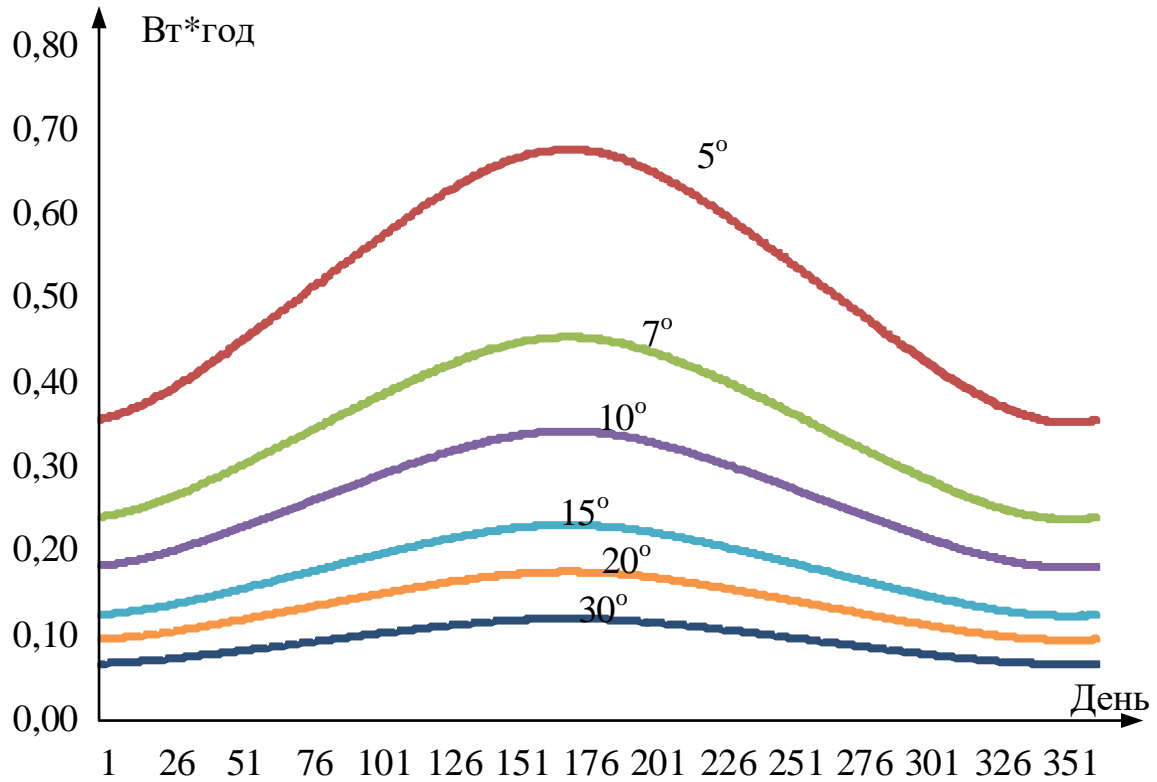


Рисунок 2.4 – Графік витрат енергії поворотним пристроєм протягом року

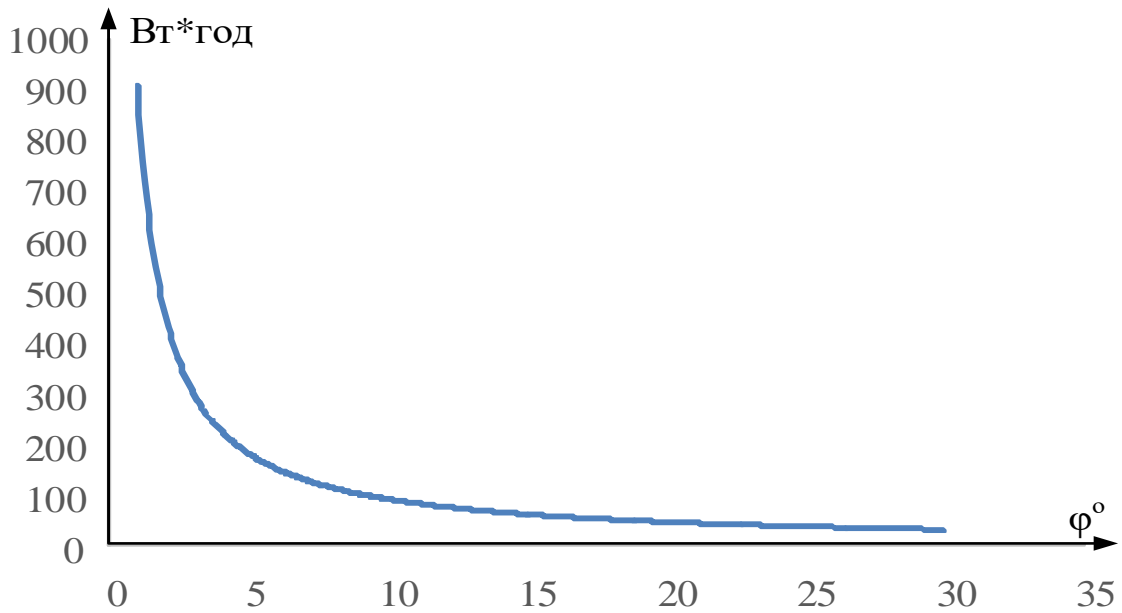


Рисунок 2.5 – Графік залежності витрат електроенергії на орієнтацію ФМ в залежності від точності позиціонування

Для можливості порівняння енергетичної ефективності алгоритмів роботи системи позиціонування визначимо приріст енергії того чи іншого алгоритму у

порівнені з стаціонарною ФМ. Результати розрахунків зображенні в таблиці.2.19

Таблиця 2.19 – Приріст виробленої енергії від використання систем позиціонування з різною точністю

Річна отримана енергія від стаціонарно закріпленої панелі(Вт*год)	Річна отримана енергія від позиціонування	збільшення ефективності%
16980,47	21262,34	24,1729
16980,47	21365,64	24,6763
16980,47	21264,38	24,4739
16980,47	21164,20	24,728
16980,47	21169,08	23,722
16980,47	20567,39	21,7715
16980,47	18262,68	11,9772

На мою думку енергетична ефективності, більш раціональним є застосування алгоритму управління з меншою точністю позиціонування. Однак при виборі алгоритму який застосовується в реальних умовах, потрібно використовувати не тільки на енергетичну ефективність, але і на техніко-економічні показники.

3. РОЗРОБКА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ, ВИДІВ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ, СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО ТА РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

3.1 Компенсація реактивної потужності

Інвертори які будуть встановлені на ділянках "СЕС Імперіал Енерго" забезпечують можливість регулювання реактивної потужності. $\cos \phi$ інверторів - 1, тому встановлення систем компенсації реактивної потужності на "СЕС Імперіал Енерго" проектом не передбачається

3.2 Системи живлення та вибір технічної бази світлової електростанції «Імперіал Енерго»

Світлова електростанція потужністю 3.05МВт складається із 14816 сонячних фотоелектричних модулів, які з'єднані між собою послідовно.

При такому з'єднанні певні модулі формуються в блоки, що мають послідовне з'єднання, та блок з'єднуються між послідовно та паралельно. Ця схема зображена на рисунку 3.1

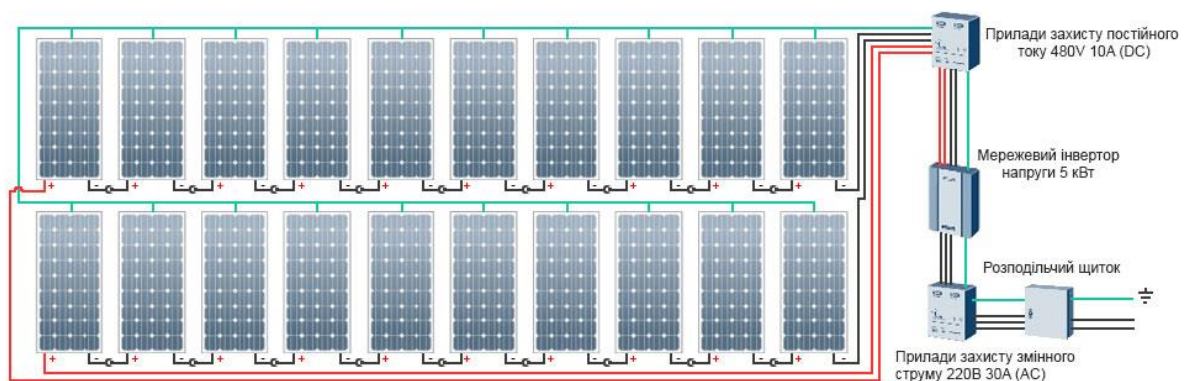


Рисунок 3.1 – Схема з'єднань сонячних модулів з інвертором

При будівництві світлової електричної станції потрібно заземлення приєднувати пристрій з опором щоб розтікання струму до 5 Ом.

З'єднання заземлених проводів рекомендується зварюванням. Та самі заземлюючі шини покриті анти корозійним шаром.

А також показаний план всієї СЕС «Імперіал Енерго» на рисунку 3.2

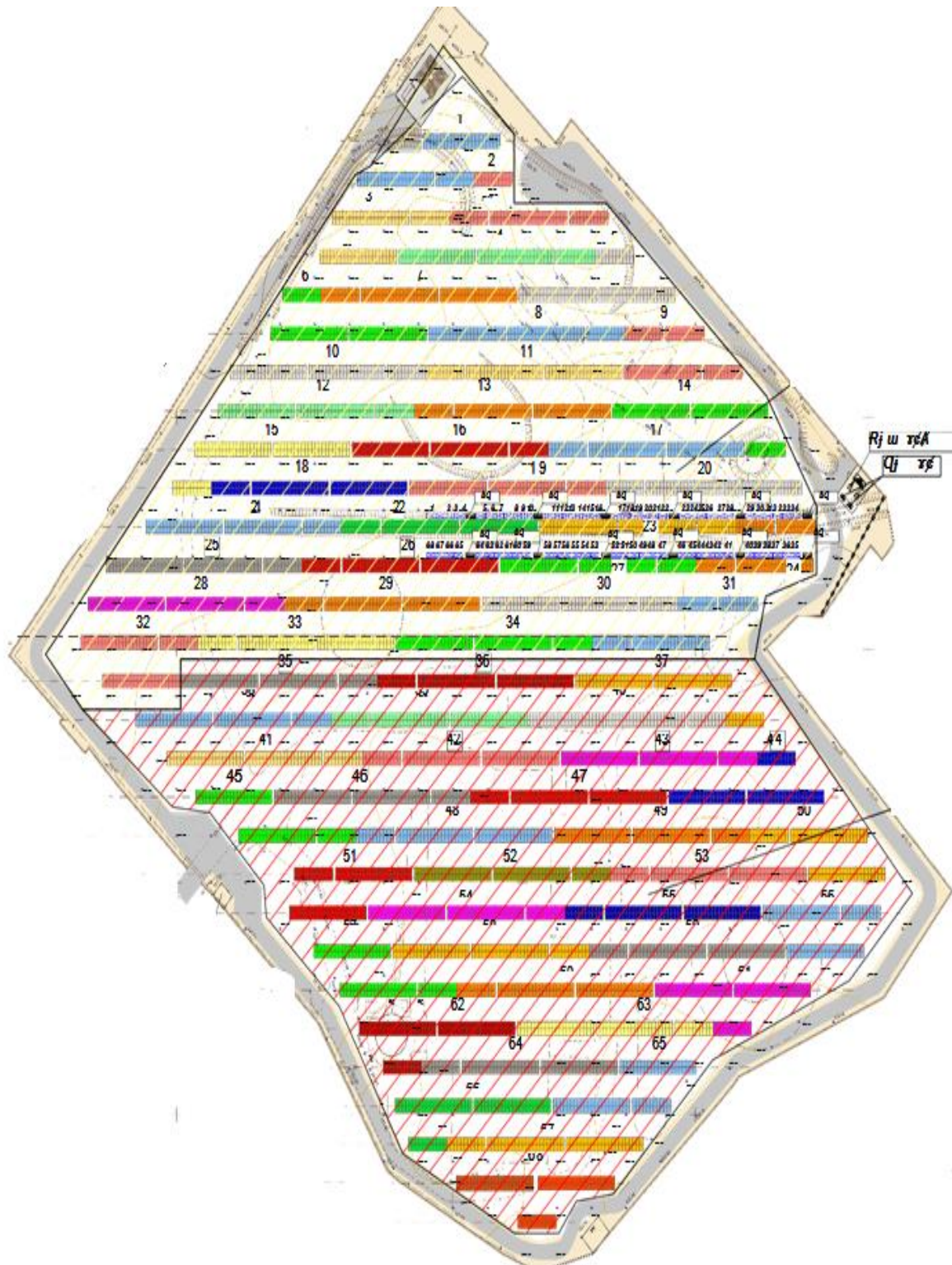


Рисунок 3.2 –План світлової електростанції потужністю 3.05МВт

3.3 Кабельні лінії РП 0.4кВ

Трансформаторна підстанція за проектом РП-0,4кВ, що складається з щитів які мають захист IP54. В щитах розміщено автоматичні вимикачами та комутаційні апарати на вході. В увідному стані щити РП-0,4кВ мають

передбачати в собі трансформатор струму Т- 0,66 - 15000/5 з спрацюванням 0,5s.

Обліком електроенергії займається система АСКОЕ яка розташована в окремій металевій шафі яка має захисне виконання ІР- 54, яка встановлюється на захисний контейнер РП-0,4кВ.

Трансформатор Т-1 та Т-2 є силовим він приєднується до РП-0,4кВ через гнучкі мідні шини які між собою ізолювані та підключені ввідними автоматичними вимикачами РП-0,4кВ.

Навантаження гнучких шин для Т-1,Т-2 розрахунок:

$$P_p = 1546,0 \text{ кВт} \cos\phi = 1;$$

$$I_p = P_p / 3,05 \cdot 0,4 \cdot 1 = 123000,4 \text{ А.}$$

Вибираємо гнучку шину, мідну що має площу поперечного перерізу 90х6 з допустимим тривалим струмом 12500А

Кабель 0,4кВ між шафами ЩР та інвертором. Від кожного інвертора які мають потужність 25, 50,100 кВт) до силових шаф, з'єднано мідним гнучким проводом типу ПВСнг 4х25мм² довжиною до 17-120 м. Провід прокладається закрито у гофрі з самозахистом.

Розрахункову потужність інвертора 25,50,100, кВт.,. (1).

При даному навантаженні, обирається провід який має гнучку мідь типу ПВСнг 4х25мм² з допустимим струмом $I_{д.тр.}=120\text{А}$

Максимальною довжиною є кабель від шафи ЩР до інвертора має відстань 120м.

ПВСнг- 4х25мм² при максимальній довжині лінії 120м:

Струм на ділянці біля щита ЩР який наведено вище, становить 40,9 А.

Кабель 0,4кВ між шафами ЩР та РП-0,4кв. Від кожної шафи ЩР до РП-0,4кВ Т-1 та Т-2 прокладається мідний силовий кабель типу ВВГнг. Кабель прокладається відкрито на лотках під металевими конструкцій столами та приховано в землі в двостінній гофрованій ПНД труб. Кабель прокладати, дотримуючись вимог:

Після закінчення монтажу підстанції перевіряють правильність з'єднання схеми проводки, приєднань, прокладки кабелів, проводів шин, монтажу електрообладнання. З цією метою оглядають зовні змонтовану підстанцію. Вимірюють опір ізоляції виконаної проводки. Апарати, вторинні кола з усіма приєднаними до них котушками, реле, приладами, вторинними обмотками трансформаторів струму і напруги та електропроводки напругою до 1000 в випробовують підвищеною напругою 1000 в протягом 1 хвилини. Замість такого випробування можна виміряти опір ізоляції мегомметром на напругу 2500 в. Опір повинен бути не менше 5 Мом. Опір кожного приєднання вторинних кіл, кіл вимикачів повинен становити не менше 1 Мом. Якщо опір менший зазначеного, його необхідно випробувати напругою 1000 в промислової частоти.

Перевіряють заземлююче обладнання, вимірюють опір заземлення. Перевіряють мегомметром відсутність короткого замикання і замикання на землю з боку 10 кв. Перевіряють перехідний опір роз'єднувачів. Величина перехідного опору повинна бути не більшою, ніж вказано для даного типу.

Ошиновку розподільного пристрою разом з обладнанням випробовують протягом однієї хвилини підвищеною напругою для РУ-6 кв—32 кв і РУ-10 кв—42 кв. Силові трансформатори повинні відповідати всім вимогам вмикання їх під напругу.

Після цього підстанцію піддають три-, п'ятиразовому вмиканню поштовхом на номінальну напругу. При цьому навантаження повинно бути відімкнене. При вмиканні не повинно бути явищ, що вказують на незадовільний стан обладнання підстанції. Далі комісією провадиться прийом підстанції в експлуатацію. Про прийом підстанції в експлуатацію приймальна комісія складає акт.

При ремонтах і ревізіях масляних вимикачів перевіряють стан контактів, захищають їх при наявності слідів підгоряння, регулюють, а при необхідності замінюють.

Звертають увагу на покази реєстраторів, спрацювання, які порівнюють з даними попереднього огляду, на цілість фарфорових кришок, відсутність

відколів, тріщин, особливо у місцях кріплення до фланців і в армуванні.

При наявності тріщин на емалевому покритті та цементних швах виявляють їх глибину і цілість фарфору. Якщо вони глибокі, розрядник вимикають і випробовують. Захисне покриття відновлюють не рідше одного разу на рік. Воно не повинно порушуватися, особливо на цементних швах. Іржу з металевих частин знімають в міру її з'явлення, головки болтів кріплення фарбують. Фарфорову поверхню кришок систематично очищають від бруду. Для виявлення дефектів розпорядників, які неможливо виявити при оглядах, їх періодично випробовують. Основним дефектом розпорядників є порушення герметизації і проникнення вологи у внутрішню його частину.

Трубчасті розрядники, встановлені на ТП і опорах ліній електропередачі, в зимовий період не знімають. Щорічно перед грозовим сезоном складають схеми розміщення трубчастих розпорядників у електромережі та відомість, в якій вказують тип розпорядника, назву лінії, на якій він встановлений, номер опори чи порталу ВРП 35 кВ, де встановлений розпорядник, силу струму короткого замикання у місці його розміщення, розмір зовнішнього іскрового проміжку, величину опору заземлюючого контора та назву об'єкта, ізоляцію якого він захищає.

Оглядають розпорядники без зняття їх з конструкції, а також додатково та перевіряють у місцях інтенсивного забруднення згідно з місцевими інструкціями. Позачергові огляди проводять після грози в районі підстанції, а також після автоматичного вимикання лінії.

При огляді розпорядника з землі звертають увагу на його положення, розмір зовнішнього іскрового проміжку, положення покажчика спрацювання на кожній фазі, стан поверхні ізоляційної трубки, електродів, арматури і заземлюючої проводки та надійність її приєднання до заземлюючого контуру.

Обслуговування електричного обладнання в діючих електроустановках.

Оглядають споживчі трансформаторні підстанції один раз у два місяці. При огляді перевіряють: стан контактів з'єднання, відсутність витікання масла із трансформатора, цілість маслом і рного скла, рівень масла, характер гудіння

трансформатора, стан і справність ізоляторів (відсутність тріщин, запиленості), стан заземлюючої проводки, справність плавких запобіжників і приладів, стан пломб лічильників, стан обладнання, захисних засобів, пофарбування. При виявленні відхилення від норми складають відомість помічених дефектів.

Поточний і капітальний ремонт обладнання провадять у міру необхідності. Капітальний ремонт заземлюючих обладнань виконують за результатами оглядів і профілактичних вимірювань. Вимірюють опір через рік після введення в експлуатацію і в наступні роки — не частіше одного разу на 6 років; на ділянках, підданих інтенсивній корозії, частіше.

Поточний ремонт трансформаторів без виймання осердя з вимиканням їх провадять один раз на три роки. При цьому вимірюють опір ізоляції обмоток, роблять аналіз ізоляційного масла. Капітальний ремонт з вийманням осердя провадять залежно від результатів вимірювання опору ізоляції і загального стану трансформатора.

Найчастіше пошкоджуються ізолятори на роз'єднувачах і перегорять запобіжники. При ремонті роз'єднувача заміняють дефектні ізолятори, перевіряють і регулюють контакти роз'єднувача. Ремонт запобіжників полягає в перевірці цілості плавкої вставки, очищенні контактної поверхні, перевірці покажчика спрацювання. Покажчик спрацювання при натисненні на його головку пальцем повинен вільно переміщатися, а при відпусканні пальця — повертатись на місце.

3.4 Вибір трансформаторів струму Т- 0,66 для РП- 0.4кВ

Трансформатор струму являє собою допоміжний апарат, в якому вторинний струм практично пропорційний первинного струму і призначений для включення вимірювальних приладів і реле в електричні кола змінного струму. Трансформатори струму служать для перетворення струму будь-якого значення і напруги в струм, зручний для вимірювання стандартними приладами (5 А), харчування струмових обмоток реле, які відключають пристроїв, а також для ізолювання приладів і обслуговуючого їх персоналу від високої напруги.

Зазвичай трансформатор струму вибирається з умовою, щоб його вторинний струм не перевищував 110% номінального. З іншого боку, трансформатори струму, вибрані із завищеними коефіцієнтами трансформації з урахуванням струму КЗ, при малих вторинних токах мають підвищені похибки. Згідно ПУЕ при максимальному навантаженні приєднання вторинний струм повинен становити не менше 40% від номінального струму лічильника, а при мінімальному - не менше 5%.

3.5 Контроль якості електроенергії

Контроль якості електричної енергії забезпечується багатофункціональним лічильником типу SL 7000, які встановлений в КТП.

Багатофункціональний лічильник SL7000 Smart крім вимірювання електричної енергії та потужності, виконує це такі функції моніторингу електромережі та якості напруги:

- миттєві значення частоти, мінімальна і максимальна частота в даний момент :

- миттєві значення струму;
- миттєві значення напруги
- струм та напруга нульової послідовності

До основних завдань контролю якості електроенергії відносяться: виявлення перешкод та їх оцінка реєстрація вимірних числових характеристик з метою обробки та відображення результатів оцінка вимірних значень показників якості електроенергії на відповідність до встановлених вимог визначення джерела перешкод проведення комерційних розрахунків між постачальником та споживачем електроенергії .

Для організації вимірювань необхідно визначити вид контролю, точку здійснення вимірювань та види контрольованих показників якості електроенергії. Залежно від тривалості спостереження можна назвати два види організації контролю: періодичний і постійний. Відмінність постійного контролю від періодичного полягає у безперервності часу вимірювань та

обробки результатів.

Можливі два варіанти реалізації поставленого завдання контролю якості електроенергії: система моніторингу, заснована на методах віртуального моделювання фізичних процесів; система моніторингу, що ґрунтується на застосуванні контрольних-вимірювальних приладів. На сьогоднішній день методи віртуального моделювання широко застосовуються у всіх галузях науки та виробництва, тому що вони дозволяють з найменшими витратами визначити певні параметри кінцевого результату. Основною перевагою другого варіанта є висока точність, оскільки метод заснований на вимірах фізичних величин. Також дослідження, спрямовані на використання цього методу, дозволяють визначити принципово нові вимоги до приладів обліку та заходів, що забезпечують оптимізацію.

Об'єктом дослідження та аналізу у цій статті є показники якості електроенергії

Як результати вимірювань наведемо дані, що відносяться до тривалих змін характеристик і до випадкових подій: повільні зміни напруги, колювання напруги та флікери, не синусоїдні і не симетричні напруги, переривання напруги, провали та перенапруги, імпульсні напруги.

Допустимі відхилення напруги

3.6 Телеметрія та організація обліку відпущеної електроенергії. Система передачі даних АСКОЄ

Телемеханіка та зв'язок. Зняття всіх параметрів якості мережі 10 кВ "СЕС Імперіал Енерго" передбачене з'єднання в шафовий цифровий аналізатор якості електричних мереж це є вимірювальний типу NEMO 96HD, який вставляється в комірці вводу РП-10 кВ трансформаторного типу

Вмонтування телемеханіки на ТП-10/0,4-2х3050кВА та ПС 110/35/10 кВ "Могилів-Подільськ" - див. проект 1/19.2019-ТМ.

В якості системи розрахункового обліку "СЕС Імперіал Енерго" розташований облік на низькій стороні - в РП-0,4кВ Т- 1 та Т- 2. Лічильник

обліку є багатофункціональний двоканальний лічильник електричної енергії типу SL 7000 3x220/380В, з часом спрацювання 0,5с.

Передбачена організація систем АСКОЕ для передавання даних обліку електричної енергії на стороні 0,4кВ. АСКОЕ розміщено в окремому щиті який має захист IP-57

АСКОЕ повинна створювати двох рівневу автоматичну систему з керуванням і розподіленими рівнями:

- перший рівень – вимірний комплекс це є трансформатор струму, трансформатор напруги, електроний лічильник електроенергії.
- пругий рівень має сервер АСКОЕ, що розташований в центральному офісі «Імперіал Енерго».
- діагностику стану засобів обліку;
- довгострокове зберігання даних;
- забезпечення програмного інтерфейсу доступної інформації з боку зовнішніх систем.

Точки комерційного обліку є погоджені з Головним оператором.

Другий рівень АСКОЕ який працює в «Імперіал Енерго» виконує завдання автоматичної перевірки та діагностики та обробки й зберігання інформації з обліку електроенергії, забезпечує інтерфейс доступу до інформації, та автоматично передачу даних до головного оператора, АСКОЕ приватного акціонерного товариства «Вінницяобленерго».

Лічильник електричної енергії автоматично підтримує заданий розклад «літо - зима» та кожен наступний рік

Лічильник електроенергії веде архів наступних даних:

- 30 хв профіль генерації реактивної та активної енергетичної потужності;
- виведення електричної енергії наростаючим підсумком за кожні пів години (генерації реактивної й активної електроенергії).

Зберігання архівних даних має становити не менше 90 діб.

Лічильники електричної енергії повинен мати електричний інтерфейс даних RS-485 та повинен висвітлювати всі дані електричної системи такі як:

струмова петля яка функціонує при наявності хоча б однієї фази.

Коли живлення відсутнє лічильник електроенергії повинні забезпечувати зберігання даних в пам'яті не менше 3 років.

Лічильник електричної енергії має змогу застосувати зовнішню синхронізацію за допомогою сервера АСКОЕ.

Точність ходу календарного годинника лічильника не повинна бути меншою ніж $\pm 0,3$ секунд на інтервалі 24 години.

3.7 Блок релейного захисту МРЗС-05Л

Релейний захист комірки ф. №21 ПС 110/35/10 кВ "Могилів- Подільськ" передбачається на основі мікропроцесорного реле вітчизняного виробництва – релейний блок МРЗС-05Л. Блок релейного захисту підключати до трансформаторів струму типу ТОЛу-10 150/5 10Р даної комірки.

Пристрій захисту МРЗС-05Л призначений для використання в схемах релейного захисту та протиаварійної автоматики. Можуть використовуватися для заміни електромеханічних реле РТ80, РТ90.

Особливість :

оперативне живлення здійснюється від власних потреб СЕС на напрузі 220В змінного струму.

Оперативне живлення 220 В (АС / DC) потрібно для забезпечення :

- струмове відсічення (ТО) з затримкою часу 70-100 мс або 150-200 мс. за вибором з передньої панелі;
- МТЗ з незалежною і двома залежними характеристиками спрацювання;
- можливість блокування ТО з передньої панелі або дистанційно ;
- додаткові функції для окремих виконань - захист від замикань на землю-ЗНЗ.

Релейна автоматика на базі мікропроцесорних пристроїв МРЗС-05Л (з дією на вакуумний вимикач ф.21 РП-10кВ ПС 110/35/10 кВ "Могилів-Подільськ") забезпечує:

- відключення СЕС від мережі (без АПВ) від спрацюванням струмових захистів
- в випадку виникнення внутрішніх аварій на устаткуванні СЕС (перевантаження, однофазні або багатозфазні короткі замикання на стороні 10кВ устаткування);
- відключення СЕС від мережі (без АПВ) дією системної автоматики в випадку виникнення зовнішніх аварій (зниження напруги в мережі 10кВ менше $0,9U_n$ або перевищення понад $1,2 U_n$, зниження або підвищення частоти в мережі понад запрограмовані уставки);
- відключення СЕС від мережі (без АПВ) командою телекерування з диспетчерського пункту ПАТ «Вінницяобленерго» - в випадку виникнення аварій в системі;
- абсолютне обмеження генерації – шляхом відключення від мережі (без АПВ).

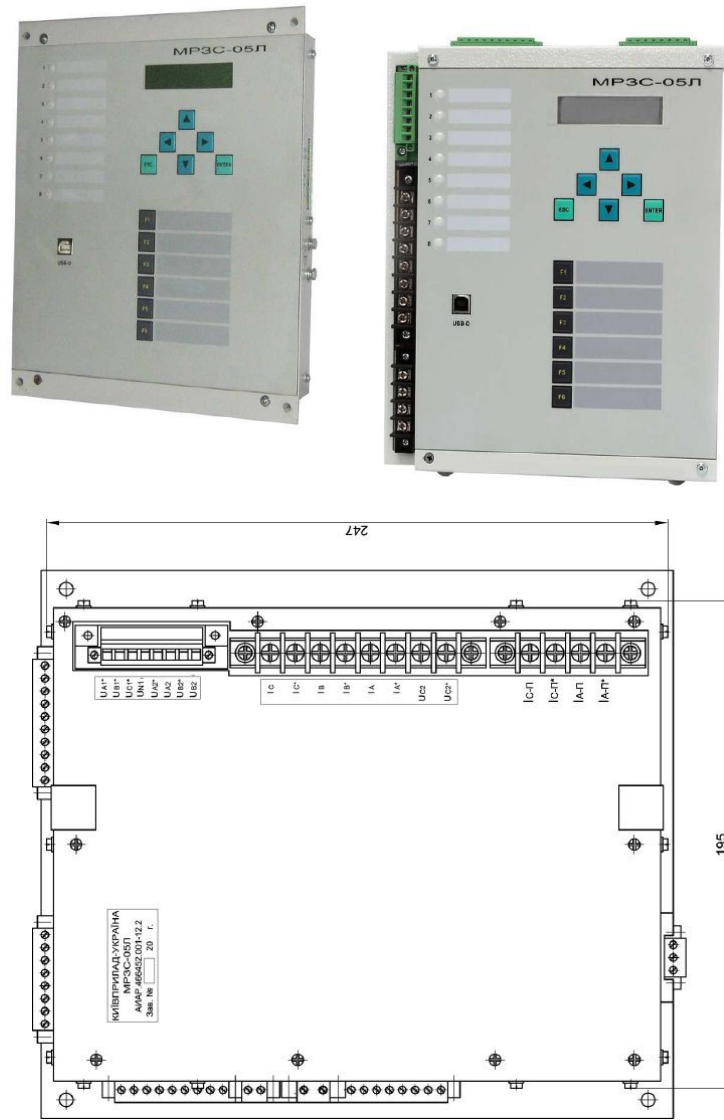


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд релейного блоку MR3C-05Л

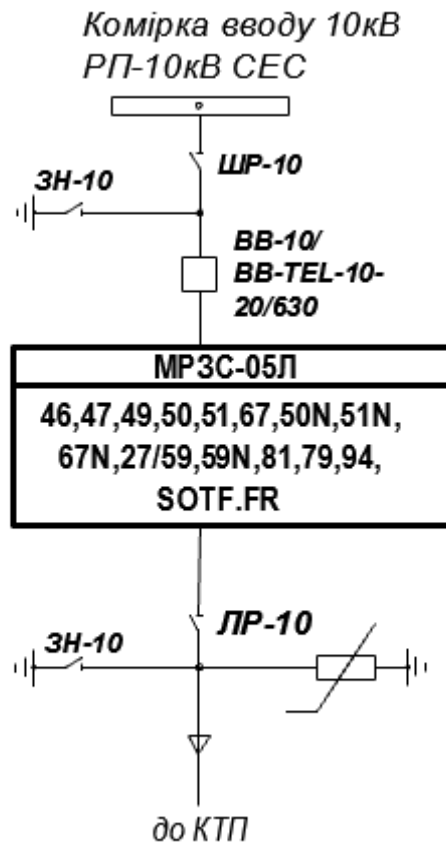


Рисунок 3.4 – Склад захистів в комірках вводу з вакуумним вимикачем:

Пояснення позначень на рисунку 3.4 наведені нижче

79 - автоматичне повторне увімкнення (АПВ) вимикача; 94 - управління вимикачем;

SOTF - прискорення захистів при увімкненні на пошкодження; контроль кіл увімкнення / вимкнення

50,51,67 - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний струмовий захист від між фазних коротких замикань;

50N,51N,67N - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний струмовий захист нульової послідовності від однофазних коротких замикань;

49- захист від перевантаження;

46- струмовий захист зворотної послідовності;

47 - захист від підвищення напруги зворотної послідовності;

27/59 - захист від зниження/підвищення напруги прямої послідовності;

59N - захист від підвищення напруги нульової послідовності;

81L, 81H - захист від зниження/підвищення частоти; FL - визначення

місця пошкодження;

FR-реєстратор подій, осцилограф

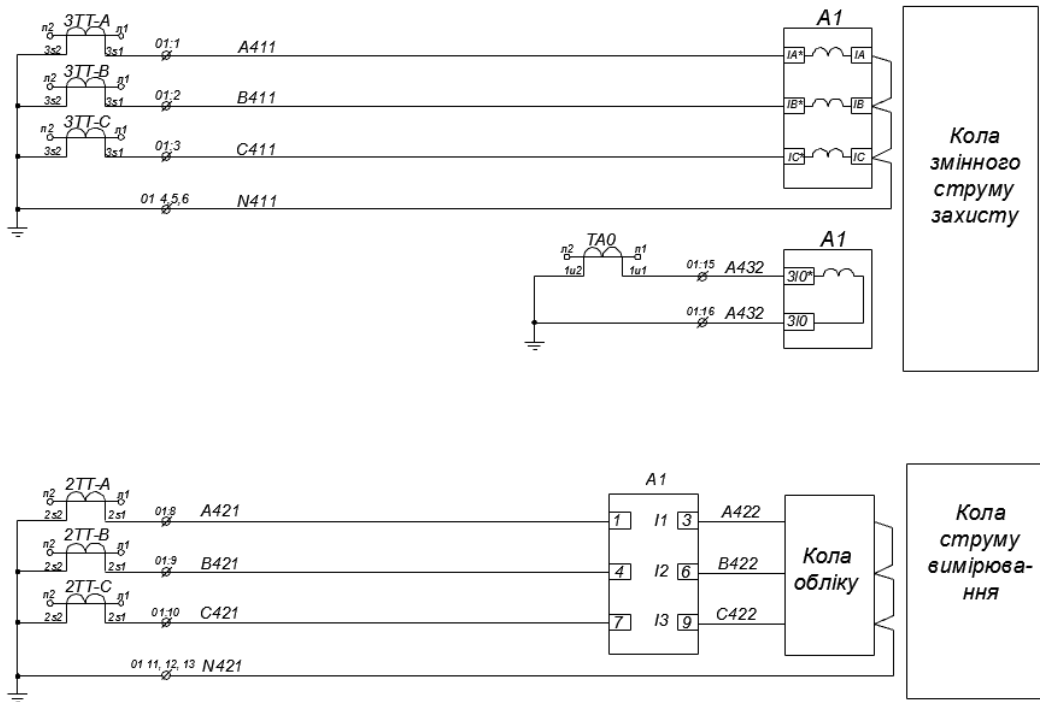


Рисунок 3.5 – Типова схема підключення МРЗС-05Л

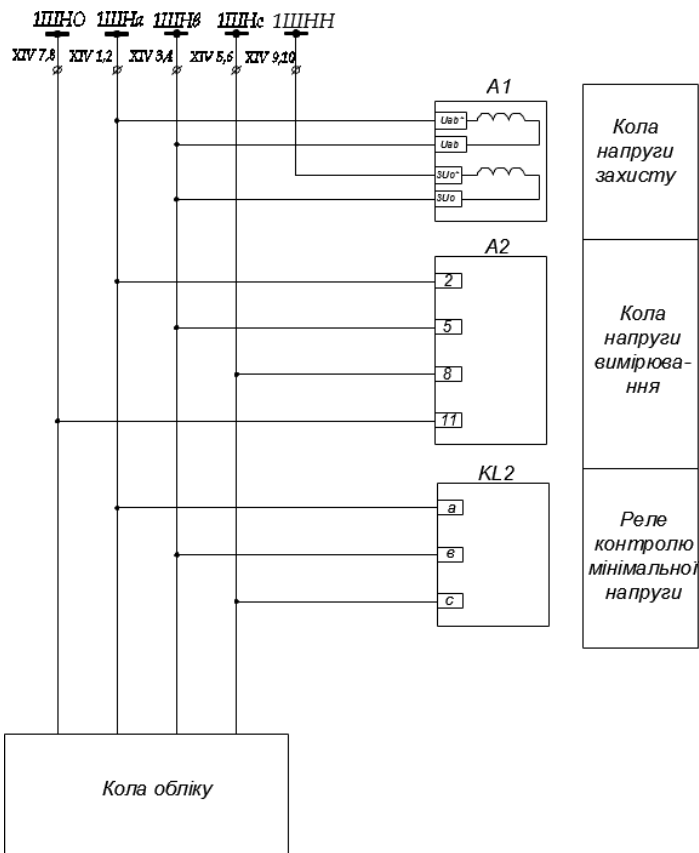
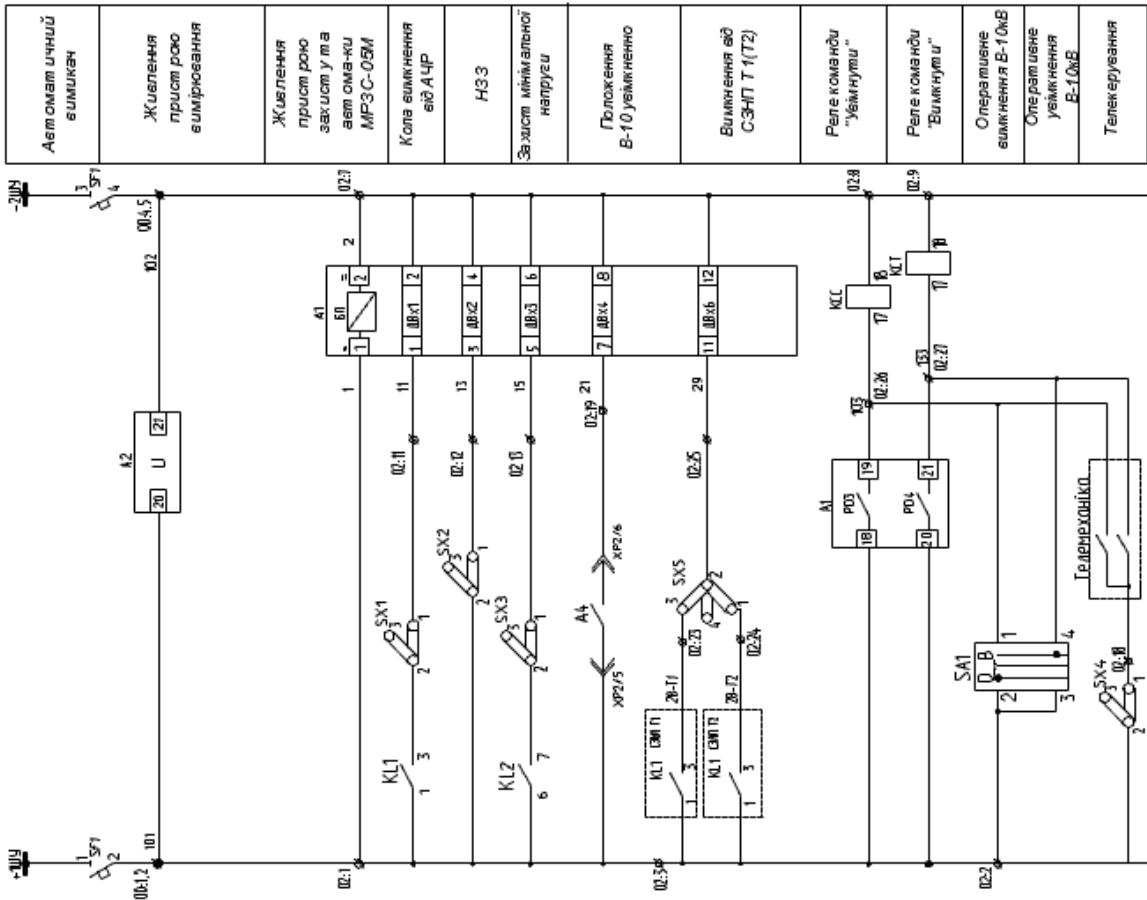
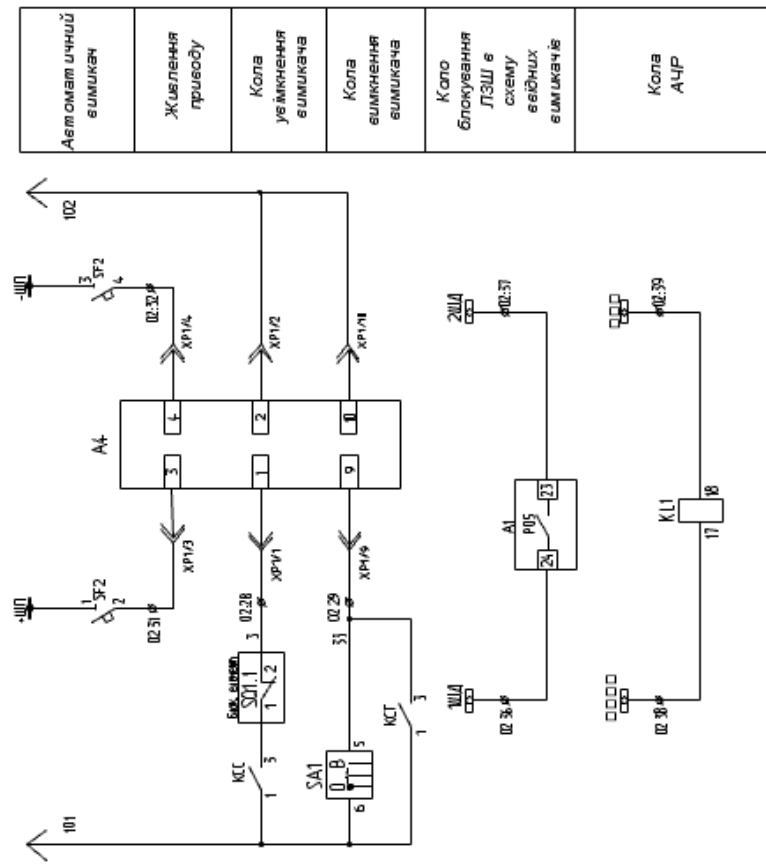


Рисунок 3.6 – Типова схема підключення МРЗС-05Л



Автоматичний вимикач
Живлення привою
Кола уємкнення вимикача
Кола вимкнення вимикача
Кола блокування ЛЗШ в схему евідних вимикачів
Кола АЦР

Автоматичний вимикач
Живлення пристрою вимірювання
Живлення пристрою захисту угла авт.омла-ки МРЗС-05М
Кола вимкнення від АЦР
НЗЗ
Захист мікромальної напруги
Положення В-10 уємкнено
Вимкнення від С-ЗНП Т1(Т2)
Реле команди "Уємнути"
Реле команди "Вимкнути"
Оперативне вимкнення В-10кВ
Оперативне уємкнення В-10кВ
Телекерування

Рисунок 3.7 – Типова схема підключення МРЗС-05Л

3.8 Блок автоматичного управління РПН трансформатором

Керуючись п.1.1.1 ТУ на приєднання проектом передбачується встановлення системи автоматичного регулювання напруги (АРН) трансформатора Т2 під навантаженням. АРН виконується на основі сучасного мікропроцесорного пристрою РС83-Б4.

Технічні характеристики РС83-Б4 наведені в табл. 3.1

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики РС83-Б4

Найменування	Параметр
Уставки по напрузі спрацювання	(90-115)В, крок 1 В
Уставки по зоні нечутливості	(0-10)В, крок 0,1В
Уставки по коефіцієнту повернення по краю зони	Більше 0,99(добавити) Менше 1,01 (зменшити)
Уставки часу спрацювання	(10-250)с, крок 1с.
Уставки часу повторної команди	(1-250)с, крок 1с.
Уставки по часу переключення приводу на одну ступінь	(1-25)с., крок 1с.
Рівень напруги при блокуванні регулятора по зниженню напруги	$U < 0.8U_{ном.}$
Рівень напруги при пришведшенні команди "убавить" до 5с і блокуванні команди "прибавить" по підвищенню напруги яка контролюється до величини	$U > 1,15U_{ном.}$
Час очікування початку переключення і час затримки для сигналу "Привід не пішов"	1,5с
Час контролю паузи між переключеннями для спрацювання захисту від безперервного ходу	$t < 1.5с$

4 РОЗРАХУНОК УСТАВОК ПРЗА ПРИЛЕГЛОЇ ДО ПС 110/35/10КВ "МОГИЛІВ- ПОДІЛЬСК " МЕРЕЖІ 110КВ

Відповідно вимог ТУ виконано розрахунки уставок ПРЗА прилеглої до ПС 110/35/10 кВ "Могилів- Подільськ" мережі 110 кВ.

Розрахунки виконано із дотриманням вимог діючих керівних документів:

- керівні вказівки з релейного захисту. Випуск 11. Розрахунки струмів короткого замикання для релейного захисту та системної автоматики в мережах 110-750 кВ. М: Енергія,1979.

- керівні вказівки з релейного захисту. Випуск 12. Токовий захист нульової послідовності від замикань на землю ліній 110-500 кВ. Розрахунки. М: Енергія,1980.

- керівні вказівки з релейного захисту. Випуск 7. Дистанційний захист 35-330 кВ. М: Енергія,1968.

Результати розрахунків зведені в карті уставок (аркуш креслень 4).

4.1 Вхідні схеми мережі. Струми КЗ

Розрахунки струмів виконано на основі базової моделі мережі регіону, фрагмент якої наведено на рис.1. Базова модель мережі сформована на основі вихідних даних про мережу 110-10 кВ (довжина ліній, переріз проводу, типи й потужність трансформаторів), отриманих від ВОЕ.

Розрахунок струмів проведено із врахуванням перспективного розвитку мережі. Результати зведено в таблицю4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок струмів КЗ

Місце КЗ	Струми КЗ, А(приведені до своєї напруги)	
	I _{ЗКЗ}	
	існуючий режим	із врахуванням підживлення
ш. 110 кВ ПС Жмеринка	9444	9457
1С ш. 35 кВ ПС Жмеринка	2526	2575
2С ш. 35 кВ ПС Жмеринка	1461	1510
1С ш. 10 кВ ПС Жмеринка	5236	5469
2С ш. 10 кВ ПС Жмеринка	3289	3432
ш. 10 кВ ФЕС	-	3003

Підживлення від ФЕС:

- на стороні 10 кВ – 143А;
- на стороні 35 кВ – 49 А;
- на стороні 110 кВ – 13А.

Основні розрахунки виконано аналізом комутаційного пристрою та ПРЗА режимам роботи електричної мережі.

Як видно із розрахунків струмів КЗ, підключення генерації ФЕС не впливає кардинальним чином на рівні струмів КЗ і тому не вимагається заміна існуючого комутаційного обладнання.

4.2 Розрахунок установок ПРЗА мережі 110кВ

Розрахунок уставок ПРЗА виконано на основі базової моделі мережі ВОЕ.

В даній роботі виконано розрахунок уставок з метою визначення комплексу ПРЗА, який би задовольняв нормативним вимогам що до забезпечення селективності, швидкодії і надійності. Результати розрахунку зведені в карту уставок (аркуш 4 креслень).

4.3 Розрахунок установок ПРЗА ПЛ-110кВ що відходять від шин 110 кВ ПС 110/35/10кВ «Могилів-Подільськ»

Перевірка відстройки МСВ від КЗ в кінці лінії

Розрахунок МСВ по відстройці від КЗ в кінці ПЛ виконується по формулі:

$$I_{CЗ} = k_{ВДС} \cdot I_{КЗ} MAX,$$

де $k_{ВДС}$ – коефіцієнт відстройки;

$I_{КЗ} \text{ _ MAX}$ – максимальне значення фазного струму в захисті в режимі відстройки.

ПЛ-110 кВ Тюшки-тяга

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС, вимкнений СВ-110 кВ на ПС 110 кВ Тюшки-тяга.

$$I_{КЗ}^{(3)} = 2674A,$$

$$I_{CЗ} = 1,3 \cdot 2674 = 3476A.$$

ПЛ-110 кВ Сутиски

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС, вимкнений СВ-110 кВ на ПС 110 кВ Сутиски.

$$I_{КЗ}^{(3)} = 3214A,$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 3214 = 4178A.$$

ПЛ-110 кВ Чернятин

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС, мінімум на ПС 330 кВ Бар.

$$I_{K3}^{(3)} = 2621A,$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 2621 = 3407A.$$

ПЛ-110 кВ Носківці

Розрахунковий режим: живлення ПС 110 кВ Шаргород від ПС 330 кВ Вінницька.

$$I_{K3}^{(3)} = 1931A,$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 1931 = 2510A$$

ПЛ-110 кВ Подільська-тяга 1, 2

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС.

$$I_{K3}^{(3)} = 1548A,$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 1548 = 2012A.$$

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку МСВ по умові відстройки від КЗ в кінці ПЛ

Лінія	Розрахована ставка, А	Існуюча уставка, А
Могилів- Подільськ - Подільськ-Тюшки-тяга	3476	4300
Могилів- Подільськ-Сутиски	4178	4180
Могилів- Подільськ-	3407	4300

Чернятин		
Могилів- Подільск-Носківці	2510	2500
Могилів- Подільск- Подільська тяга1(2)	2012	2300

Перевірка відстройки 1 ст. СЗНП від КЗ в кінці лінії

Розрахунок МСВ по відстройці від КЗ в кінці ПЛ виконується по формулі:

$$I_{CЗ} = k_{ВІДС} \cdot 3I_{0_МАХ},$$

де $k_{ВІДС}$ – коефіцієнт відстройки;

$3I_{0_МАХ}$ – максимальне значення струму ЗІО в захисті в режимі відстройки.

ПЛ-110 кВ Тюшки-тяга

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільск -Шаргород- ДсГЕС, вимкнений СВ-110 кВ на ПС 110 кВ Тюшки-тяга.

$$3I^1 = 1717A;$$

$$3I^{1,1} = 1789A;$$

$$I_{CЗ} = 1,3 \cdot 1789 = 2326A.$$

ПЛ-110 кВ Сутиски

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільск -Шаргород- ДсГЕС, вимкнений СВ-110 кВ на ПС 110 кВ Сутиски.

$$3I^1 = 2477A;$$

$$3I^{1,1} = 2207A;$$

$$I_{CЗ} = 1,3 \cdot 2477 = 3220A.$$

ПЛ-110 кВ Чернятин

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільск -Шаргород- ДсГЕС, мінімум на ПС 330 кВ Бар.

$$3I^1 = 857A;$$

$$3I^{1,1} = 941A;$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 941 = 1223,3A.$$

ПЛ-110 кВ Носківці

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС, вимкнена ПЛ-110 кВ Шаргород-Рахни-тяга.

$$3I^1 = 1116A;$$

$$3I^{1,1} = 929A;$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 1116 = 1415A.$$

ПЛ-110 кВ Подільська-тяга 1, 2

Розрахунковий режим: замкнений транзит Вінницька-330-Могилів-Подільськ -Шаргород- ДсГЕС

$$3I^1 = 4639A;$$

$$3I^{1,1} = 4482A;$$

$$I_{C3} = 1,3 \cdot 4639 = 6031A.$$

Таблиця 4.3. – Розрахунок 1ст. СЗНП по відстройці від КЗ в кінціПЛ

Лінія	Розрахована уставка, А	існуюча уставка, А
Могилів-Подільськ- Тюшки-тяга	2326	2320
Могилів-Подільськ- Сутиски	3220	3215
Могилів-Подільськ- Чернятин	1223	2200
Могилів-Подільськ-	1451	1440

Носківці		
Могилів-Подільськ- Подільська -тяга1(2)	6031	600

4.4 Паралельна робота СЕС з електричною мережею

Як зазначалося вище, підключення схеми генерації до електричної мережі вплине на це функціонування та продуктивність цієї мережі. Оператори системи вимагатимуть, щоб мережа працювала в безпечних межах, а також захоче переконатися, що робота схеми не викликає проблем для інших споживачів електроенергії. Завдяки ретельному розробці схеми підключення розробник і оператор системи може переконатися, що схема не викликає проблем. Дійсно, є певні сценарії де інвертори можуть підвищити продуктивність мережі.

У цьому розділі наведено огляд основних технічних питань, що стосуються підключення інверторів до електричної мережі. Оцінка цих питань допоможе розробнику зрозуміти деякі з них занепокоєння оператора системи щодо розробки схеми підключення.

Усі оператори системи ведуть детальні бази даних з описом їх електричних характеристик мережі. Ці дані можна використовувати для аналізу поведінки мережі при різному навантаженні умов, конфігурації мережі, під час технічного обслуговування або у випадку окремих несправностей. Ці справи досліджуються, зазвичай називають системними мережевими дослідженнями. Через складність мереж і за обсягом залучених даних системні дослідження не змінно проводяться за допомогою спеціалізованого комп'ютера програмні пакета АСКОЄ.

Підключення інвертора до системи неминуче призведе до деяких змін характеристик мережі. Оцінити можливі наслідки цих змін оператори системи здійнять деякі дослідження мережі з інвертором, включеним до моделі мережі. При виконанні цих досліджень, інженери системного оператора будуть особливо зацікавлені в тому, чи підключено до запропонованого інвертора,

приведе до перевищення будь-якого з критеріїв планування мережі, включаючи:

- теплові показники обладнання
- неприпустиме підвищення напруги
- межі рівня несправності існуючого розподільного пристрою
- ліміти втрат
- стабільність напруги/динамічні дослідження.

Оператор системи проведе ці дослідження, а вартість досліджень несе розробник як частина витрат на обробку заявки на підключення.

Розробники покоління або їхні консультанти також можуть проводити власні дослідження мережі. Системні дані для моделювання системи передачі публікується щорічно в звіті про прогноз передачі

Багато схем генерування забезпечують певний попит на місці, в результаті чого максимальна потужність експортується в мережу менше, ніж номінальна вихідна потужність генератора. У таких випадках це максимальний рівень експорту, а не номінальна потужність інвертора, яка визначає необхідну потужність підключення. Цей рівень експорту відомий як максимальна експортна потужність (МЕС). У деяких випадках нормальний попит на місці перевищує номінальну потужність схеми генерації, за нормальних умов експлуатації електроенергія не експортується в мережу. Навіть якщо це так, експлуатація схеми інвертора може мати наслідки для безпечної роботи мережі в відношення до технічних параметрів, таких як рівні несправностей, системи гармоній, резонанс системи та небезпека ізольованих операцій. З цієї причини всі інвертори, які підключені до мережі і працюють паралельно з нею потрібно звертатися до операторів системи за дозволом на підключення незалежно від експортують вони електроенергію чи ні.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Всі витрати, пов'язані з реалізацією проекту називають капітальними вкладенням. До капітальних вкладень відносять витрати на розробку проекту, придбання обладнання, доставку на підприємство, монтаж і налагодження.

Витрати на монтаж обладнання визначають розрахунковим методом, виходячи з нормативів вартості монтажних робіт. Витрати на налагоджувальні роботи визначають аналогічно. Для загальних розрахунків витрати на доставку, витрати на монтаж обладнання, витрати на налагоджувальні роботи приймають рівними 10% від вартості обладнання.

Одноразові витрати на поновлення оборотних фондів у зв'язку з впровадженням нової техніки включають витрати на придбання необхідної кількості запасів основних матеріалів, запасних частин, комплектуючих виробів та ін. З використанням системи технічного обслуговування і ремонту енергетичного обладнання (ТОР ЕО) визначають необхідний рівень запасів матеріалів.

Витрати на технічні заходи з охорони навколишнього середовища, навчання персоналу, покращення умов праці персоналу та інші, відносять до інших капітальних вкладень. Вони включають в себе також залишкову вартість неповністю зношеного обладнання, що ліквідується.

В таблиці 5.1 приведено розрахунок капітальних вкладень на розробку автоматизованої автономної фотоелектричної установки

Таблиця 5.1 – Капітальні витрати на створення автоматизованої автономної фотоелектричної установки яка забезпечує 25кВт сонячної енергії

№	Назва	Кількість,шт.	Ціна, грн.	Зальна вартість, грн.
1	Arduino Uno Rev3 /A000066	1	620	620
2	Двигун кроковий 17HS3430 1.2A 0.28N.m	2	5880	11720
3	Сонячна панель Jinko Solar JKM385M-72-V	120	2967	356040
4	Модуль контролю заряду TP98097	1	1750	1750
5	Інвертор Schneider Conext CL 25000E	1	49746	49746
6	Драйвер керування для крокових двигунів 3M2080	2	4780	9560
7	Модуль реального часу SM102E	1	2400	2400
8	Матеріали для виготовлення конструкції	-	-	87000
9	Кріплення	-	-	15000
10	Провідники	-	-	17000
11	Монтажні та налагоджувальні роботи (15%)	-	-	83557
		Всього		634607

Отже, капітальні вкладення $E_k=634607$ грн.

5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік .

Експлуатаційні витрати E включають:

- амортизаційні відрахування E_a ;
- заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу (основна, додаткова,

- нарахування на заробітну плату);
- витрати на силову електроенергію E_e ;
- витрати на поточний ремонт $E_{пр}$;
- інші витрати $E_{ін}$.

Тобто:

$$E = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр} + E_{ін}. \quad (5.1)$$

5.1.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування становлять (норма амортизації 10% в рік):

$$E = 10\% \cdot E_K, \quad (5.2)$$

$$E_a = 0,1 \cdot 634607 = 6346,7(\text{грн}).$$

5.1.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Згідно ПУЕ обслуговувати установки до 1000 В може робітник, у якого розряд не нижче четвертого, група допуску не нижча третьої групи по електробезпеці.

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$E_{зп} = E_{зо} + E_{зд} + E_{зн} \quad (5.3)$$

де $E_{зо}$ – основна заробітна плата по тарифу;

$E_{зд}$ – додаткова заробітна плата;

$E_{зн}$ – нарахування на заробітну плату.

$$E_{зо} = N \cdot T_1 \cdot K \cdot \Phi_{еф} \cdot K_C \cdot \beta. \quad (5.4)$$

де N – кількість робітників, що обслуговують установку ($N=1$ чол.);

T_1 – погодинна тарифна ставка робітника 1-го розряду ($T_1=75$ грн/год);

K – тарифний коефіцієнт ($K=2,33$);

$\Phi_{\text{эф}}$ – ефективний фонд робочого часу на обслуговування електропривода за рік (10 год);

K_c – коефіцієнт співвідношення, встановлений генеральною угодою між профспілками і урядом ($K_c = 1$);

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування установки в загальному часі своєї роботи ($\beta=2$).

Розраховуємо основну заробітну плату по тарифу:

$$E_{30} = 75 \cdot 2,33 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 = 3495(\text{грн}).$$

Додаткова заробітна плата $E_{3д}$ становить 10% основної заробітної плати;

$$E_{3д} = 0,1 \cdot 3495 = 349,5(\text{грн})$$

Розрахунок нарахувань на заробітну плату зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 5.2 – Розрахунок нарахувань на заробітну плату

Показник	Сума
Основна заробітна плата E_{30} .	3495
Додаткова заробітна плата $E_{3д}$.	349,5
Разом основна і додаткова ($E_{30} + E_{3д}$).	3844,5
Єдиний внесок на соц. Страхування (22%)	845,79
Всього нарахування, грн	5074,79

Таким чином з таблиці 5.2 маємо:

$$E_{3П} = 3495 + 349,5 + 845,79 = 4690,29(\text{грн}).$$

5.1.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$E_e = \frac{P}{\eta} \cdot B \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_3 \quad (5.5)$$

де B – вартість електроенергії ($B=4,25$ грн/кВт·год);

P – номінальна потужність;

η – ККД ($\eta =0,98$);

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи в рік;

$K_{\text{вм}}$ – коефіцієнт увімкнення (використання за часом $K_{\text{вм}}=0,8$);

K_3 – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю).

Номінальна потужність складає 25 Вт. Коефіцієнт ввімкнення приймаємо рівним 0,8,а коефіцієнт завантаження 0,72.

Ефективний фонд робочого часу при режимі роботи з точністю позиціонування в 5° становить 7,56 годин на рік, так як система виконує 13289 (розраховано в 2 розділі)увімкнень за рік тривалістю 2с

Отже за формулою (4.5) маємо:

$$E_e = \frac{25}{0,95} \cdot 4,25 \cdot 7,56 \cdot 0,8 \cdot 0,7 = 473,5(\text{грн} / \text{рік})$$

5.1.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Витрати на проведення ремонтних робіт включають витрати на комплектуючі і запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні та витрати на оплату праці персоналу, який проводить ремонтні роботи. Для визначення витрат на оплату праці робітників-ремонтників необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт. Трудомісткість ремонтних робіт визначається згідно графіка планово-попереджувальних ремонтів (таблиця 4.3), у якому зазначено тривалість міжремонтних періодів та трудомісткість кожного виду ремонту.

Таблиця 5.3 – Графік ремонтів

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість люд·год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування			3				3				3		9
Двигун		3				3						3	9
Захист	2				2					2			6
Загальна трудомісткість												25	

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електромонтер шостого розряду. З врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт (таблиця 5.3), основну заробітну плату розрахуємо за формулою:

$$E_{OC} = T_1 \cdot K \cdot \Phi_{ef}, \quad (5.6)$$

$$E_{OC} = 75 \cdot 1,97 \cdot 25 = 3693,8(\text{грн}).$$

Нарахування на заробітну плату (22%):

$$E_{ЗН} = 3693,8 \cdot 0,22 = 812,6(\text{грн}).$$

Всього витрати на заробітну плату для проведення ремонтних робіт становлять:

$$E_{ЗР} = 3693,8 + 812,6 = 4506,4(\text{грн}).$$

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймають рівними 15% витрат від основної заробітної плати. Тобто витрати на матеріали для ремонтів становить:

$$E_{ЗО} = 4506,4 \cdot 0,15 = 676(\text{грн}).$$

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять:

$$E_{ГР} = E_{ЗР} + E_{М}, \quad (5.7)$$

$$E_{\text{ІР}} = 4506 + 676 = 5182(\text{грн}).$$

5.1.5 Інші витрати

Розмір інших витрат приймаємо рівним 5% від загальної суми попередніх витрат. Тобто:

$$E_{\text{ІН}} = (E_a + E_{\text{зп}} + E_e + E_{\text{ІР}}) \cdot 5\%, \quad (5.8)$$

$$E_{\text{ІН}} = (63460,7 + 5074,79 + 473,5 + 5182) \cdot 0,05 = 3709,5(\text{грн}).$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат занесемо у таблицю 5.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунок сумарних експлуатаційних витрат

Найменування витрат	Сума
Амортизаційні відрахування	63460,7
Заробітна плата обслуговуючого персоналу	5074,79
Витрати на електроенергію	473,5
Витрати на поточний ремонт	5182
Інші витрати	3989
Всього експлуатаційні витрати	77900,49

Термін окупності

Прибуток- це продана електрична енергія за зеленим тарифом

Z_t – Зелений тариф 5.15 грн/кВт.

P_t – Згенерована потужність протягом 1 року(45000 кВт).

E_k - Капіталовкладення становлять 634607 грн.

T_o – Термін окупності.

$$T_0 = \frac{E_K}{Z_T \cdot P_T} \quad (5.9)$$

$$T_0 = \frac{634607}{5,15 \cdot 45000} = 2,74(\text{роки})$$

Висновок: У даному розділі було проведено розрахунок капітальних вкладень створення одного рухомого стола на якому розміщено 25 кВт сонячних панелей та інвертор для автоматизованої автономної фотоелектричної установки з підвищеною енергетичною ефективністю. Була розрахована основна заробітна плата, витрати на електроенергію, на планові ремонти. Оскільки прибуток від даного виробу невідомий, то термін окупності неможливо розрахувати, тому зупиняємось на експлуатаційних витратах.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДХВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно Конституції України всі громадяни України мають право на належні безпечні і здорові умови праці. Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права зайнятих працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні умови праці.

Охорона праці призначена забезпечувати охорону життя, здоров'я та безпеку працівників, тимчасових працівників, персоналу підрядника, інших осіб на робочому місці на підприємстві, де їх перебування є дозволеним.

На підприємстві діяльність у сфері охорони праці складається з планування роботи, здійснення розробки і використання документації, розробки і впровадження заходів безпеки та інших дій, підтримання функціонування охорони праці, здійснення моніторингу і вимірювання показників у сфері охорони праці, проведення на постійній основі внутрішнього аудиту щодо підтвердження ефективності функціонування охорони праці, її поліпшення та вдосконалення, періодичного аналізування охорони праці.

Організація праці повинна забезпечувати її високу продуктивність, своєчасність виконання робіт, необхідну якість будівництва й безпечні умови праці. З усіма працюючими повинен проводитися вступний інструктаж і інструктаж на робочих місцях з техніки безпеки, пожежної безпеки й виробничої санітарії.

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання для виготовлення автоматизованої автономної фотоелектричної установки, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, у відповідності з їх класифікацією [ГОСТ 12.0.003-74].

1) фізичні:

- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;

- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена вологість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- пряма і відбита блискучість.

2) психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць у приміщенні для ТО

Приміщення для виготовлення автоматизованої автономної фотоелектричної установки наведено на рисунку 4.1.

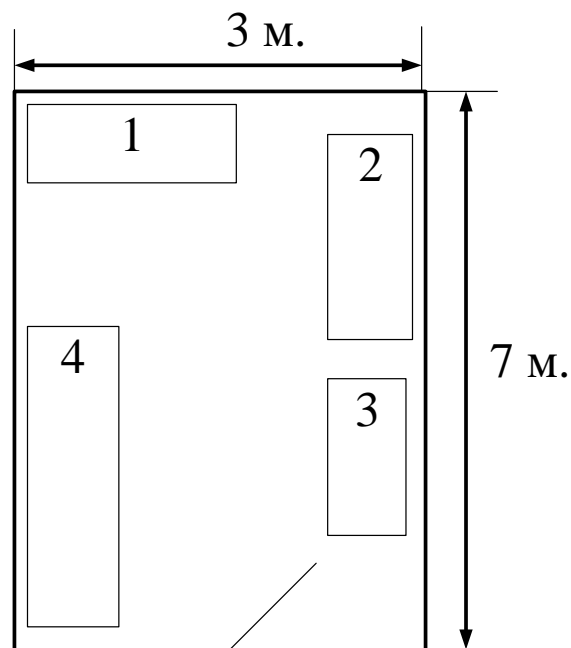


Рисунок 6.1 – Зображення приміщення і робочих місць

На рисунку 6.1 зображено: 1,2 – робоча поверхня; 3,4 – шафа для обладнання.

Загальна площа складає 21 м², в виробничому приміщенні розташовано 2 робочих місця, отже, площа на одного працівника складає 8 м², що відповідає нормованому значенню не менше 6 м².

Вимоги безпеки під час виконання робіт

1. Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати при собі посвідчення про перевірку знань з питань охорони праці. У разі відсутності посвідчення або наявності посвідчення з простроченими термінами перевірки, працівник до роботи не допускається.

2. Роботи в електроустановках щодо заходів безпеки діляться на 3 категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмоведучих частинах або поблизу них;
- без зняття напруги далеко від струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

3. Працівники, зайняті виконанням спеціальних видів робіт, до яких висуваються додаткові вимоги безпеки, повинні бути навчені безпечному виконанню таких робіт і мати відповідний запис у посвідченні про перевірку знань.

4. Працівник, який обслуговує закріплені за ним електроустановки напругою до 1000 в одноосібно, повинен мати III групу з електробезпеки.

5. Під час виконання робіт в електроустановках необхідно виконувати організаційні заходи, які забезпечують безпеку робіт:

- оформлення робіт нарядом-допуском, розпорядженням згідно переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовку робочих місць;
- допуск до роботи;
- нагляд під час виконання робіт;
- переклад на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

6. Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід застосувати, в зазначеному порядку, наступні технічні заходи:

- провести необхідні відключення і вжити заходів, які виключають помилкове або мимовільне включення комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановити заземлення (включити заземлювальні ножі, застосувати переносні заземлення);
- обгородити, при необхідності, робочі місця або струмоведучі частини, які залишилися під напругою, і вивісити на огорожах плакати безпеки.

Залежно від місцевих умов, струмоведучі частини обгородити до або після їх заземлення.

7. Роботи без зняття напруги на струмоведучих частинах або поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, один з них керівник робіт повинен мати групу IV; інші групу III з обов'язковим оформленням роботи нарядом-допуском або розпорядженням.

8. Під час зняття і встановлення запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В необхідно попередньо вимкнути всі навантаження, які живляться через зазначені запобіжники; користуватися при цьому ізолюючими кліщами або діелектричними рукавичками, а при наявності відкритих плавких вставок також і захисними окулярами.

6.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення приміщення для обстеження, технічного обслуговування та оперативного ремонту автоматизованої автономної фотоелектричної установки здійснюється від чотирьох провідної трифазної мережі 380 - 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а між фазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні однофазних споживачів струму від три провідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають

персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

Для надання першої медичної допомоги при нещасних випадках повинна бути аптечка з набором необхідних перев'язочних матеріалів та медикаментів.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустимі температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па

Період року	Категорія робіт	Температура, °С		Відносна вологість	Швидкість руху
		Допустима			
		Верхня межа	Нижня межа		
		На робочих місцях			
		Не Постійних	Не постійних		
Холодний	Легка Іб	25	17	75	0.1
Теплий	Легка Іб	30	19	65	0.2-0.6

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 6.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати металевий пил якнайчастіше.

- щодня протирати гарячі поверхні.
- принаймні, двічі в рік проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, це повинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на природне та штучне освітлення.

Нормовані значення згідно ДБН В.2.5-28:2018 наведено в таблиці 5.3

Таблиця 6.3 – Штучне та природне освітлення приміщень

Характеристика зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Рід розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне освітлення		Природне суміщене	
						Освітленість, лк		КПО, e_n , %	
						при системі комбінованого освітлення		при природньому або суміщеному освітленні	при боковому освітленні
						Всього	у т. ч. від загальног		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 Включно	IV	б	середній	темний	500	200	2.4	0.9

- природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної

освітленості КПО (e). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи – дуже малої точності;

Розряд - IV;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

6.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right), \quad (6.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньо геометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні шуму

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо герметичними частотами, Гц								
	1.5	3	25	50	500	1000	2000	4000	8000
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства.	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

6.2.5 Вібрації

Вібрація — механічні коливання машин, обладнання, інструменту. Зіткнення їх з тілом працівника призводить до коливання рук, ніг, спини або всього організму.

Джерелами вібрації є ручні механізовані машини ударної, ударно-обертової та обертової дії з пневматичним або електричним приводом.

Джерелами вібрації в громадських будівлях є інженерне і санітарно-технічне обладнання.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньо геометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:	<u>1,3</u>	<u>0,45</u>	<u>0,22</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	<u>0,2</u>	-	-	-	-
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	08	9	3	2	2	2	-	-	-	-

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення

вібрації по санітарним		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальні	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;

зміна конструктивних елементів машин;

застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружно демпферуючим низом.

6.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я від 11 серпня 2014 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій).

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальним значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання,

Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 11-25

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відео терміналів (годин на зміну) 3-4

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 10– 12

Змінність роботи Тризмінна робота (робота у нічну зміну)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість

Перерви нерегламентовані або недостатньої тривалості до 3% часу зміни

6.3 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі електричній мережі мають свої слабкі ланки до і є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. Локальні електричні мережі з відновлюваними джерелами є особливо уразливі через велику територію та безліч елементів можливого впливу НС. Електропостачання багатьох об'єктів є стратегічним елементом, тому і важливим є питання забезпечення високої стійкості роботи локальної мережі. Вплив радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, часу опромінення тощо. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем управління ЕМ. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і вигорання обмоток чи загорання трансформаторів. Після опромінення системи в регуляторах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробою і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність. Особливо велику загрозу для систем управління локальної електричної мережі має вплив електромагнітного імпульсу, який може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також внести серйозні порушення в роботу цифрових і контрольних пристроїв. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві та вибухів. Саме тому є необхідність запобіганню дії цього фактору на електричне та електронне обладнання локальної електричної мережі.

Найбільш важким ймовірним технологічним порушенням на ФЕС є руйнування розподільчого пристрою РП-10 кВ. Руйнування РП-10 кВ унеможливило виробництво електроенергії на ФЕС. Відновлення РП-10 кВ вимагає значного часу (орієнтовно 2 місяці), необхідного для виробництва нового обладнання.

Менш вагомою аварійною ситуацією є руйнування однієї з трьох інверторних станцій, що призведе до обмеження рівня виробництва електроенергії на 33,3% від встановленої потужності ФЕС.

Виникнення аварійних ситуацій на ФЕС, які б призводили до утворення вражаючих небезпечних факторів для зовнішнього середовища не можливе.

Надійність та безпека технологічного процесу виробництва електроенергії на ФЕС забезпечується за рахунок:

- вибору технічно досконалого та безпечного обладнання;
- встановлення в РП-10 кВ вибухобезпечного вакуумного вимикача 10 кВ;
- встановлення вибухобезпечних обмежувачів перенапруги 10 кВ;
- застосування швидкодіючих захистів з однократним рівнем резервування.

Серед цих матеріалів найбільш чутливі до радіації метали, бо їм властива велика концентрація вільних носіїв.

Особливістю ЕМІ як вражаючого чинника є його здатність поширюватися на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціях. Тому ЕМІ може вплинути там, де ударна хвиля, світлове випромінювання і проникаюча радіація втрачають своє значення як вражаючі фактори.

Отже існує актуальна проблема розрахунку і підвищення стійкості електричних станцій. Для цього на об'єкті завчасно на основі розрахунків планують і проводять відповідні організаційні й інженерно-технічні заходи. Досягнення науки і техніки дозволяють реалізувати такі рішення, при яких підприємство буде стійке.

Критерієм стійкості роботи ФЕС в умовах дії іонізуючих випромінювань приймається максимальне значення експозиційної дози ($D_{e,gr}$), при якій можуть виникнути зворотні зміни параметрів елементів, але робота систем ще не порушується.

Вихідними даними для оцінки є максимальне значення потужності дози через одну годину після аварії p_1 (Р/год); коефіцієнт послаблення радіації приміщеннями, транспортними засобами. Ймовірні значення параметрів: $p_1=4,24$ Р/год, $K_{посл}=1$, при необхідних $t_p=87600$ год.

Таблиця 5.7 – Граничні дози для елементів ФЕС

№	Блоки	Елементи РЕА	$D_{зві}, P$	$D_{звк.} P$	$D_{гр}, P$
1	Живлення	Мікросхеми	10^5	10^4	10^4
		Діоди	10^4		
2	Управління	Конденсатори	10^6	10^7	
		Резистори	10^7		
3	Силові елементи	Трансформатор	10^6	10^7	

Визначається можлива експозиційна доза опромінення елементів ФЕС в заданих умовах протягом експлуатаційного терміну:

$$D_{ем} = \frac{2 \cdot P_{1max} \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{k_{осл}} (P), \quad (6.2)$$

$$D_{ем} = \frac{2 \cdot 4,24 \cdot (\sqrt{87600} - \sqrt{1})}{1} = 2501(P).$$

Граничне значення експозиційної дози ($D_{гр.min}$) порівнюється з D_m , що очікується на об'єкті, і робиться висновок про стійкість роботи системи електропостачання. Оскільки $D_{гр.min} > D_m$ то ФЕС умовно стійка до радіації.

Розраховується допустимий час безпечної роботи СФУ у заданих умовах:

$$t_D = \left(\frac{D_{ГР} \cdot K_{ОСЛ} + 2 \cdot p_{1max} \cdot \sqrt{t_p}}{2 \cdot p_{1max}} \right)^2; \quad (6.3)$$

$$t_{D_1} = \left(\frac{10 \cdot 1 + 2 \cdot 4,24 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,24} \right)^2 = 1,393 \cdot 10^6 \text{ год};$$

$$t_{D_3} = \left(\frac{10^7 \cdot 1 + 2 \cdot 4,24 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,24} \right)^2 = 1,391 \cdot 10^{12} \text{ год};$$

Отже, система нашого електропривода тривалий час буде безпечно працювати в умовах дії іонізуючого випромінювання

6.4 Дослідження стійкості роботи ФЕС в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля:

$$E_{Г} = 10^{-3} \cdot E_{ВВмак} = 10,91 \cdot 10^{-3} \text{ (кВ/м)}.$$

На кожній ділянці визначається максимальна довжина струмопровідних частин (в горизонтальних і вертикальних частинах) Горизонтальну і вертикальну напругу наводки на струмоведучих частинах та коефіцієнти безпеки системи визначаємо за формулами:

Напруга наводки в горизонтальній і вертикальній струмопровідній частині:

$$U_{Г} = E_{В} + I_{Г}; \quad (6.4)$$

$$U_{В} = E_{В} + I_{В}. \quad (6.5)$$

де $E_{В}$ – величина електромагнітного імпульсу (кВ/м) $E_{В} = 10,91$;

$I_{Г}$ – довжина горизонтальної струмопровідної частини системи (м),

$I_{В}$ – довжина вертикальної струмопровідної частини системи (м).

Розрахуємо $U_{Г}$:

$$U_{r_1} = 10,91 \cdot 2 = 21,82(\text{В/м});$$

$$U_{r_2} = 10,91 \cdot 1,5 = 16,365(\text{В/м});$$

$$U_{r_3} = 10,91 \cdot 3 = 32,73(\text{В/м});$$

Розрахуємо U_B :

$$U_{B_1} = 10,91 \cdot 10^3 \cdot 1,8 = 19638(\text{В/м});$$

$$U_{B_2} = 10,91 \cdot 10^3 \cdot 1,7 = 18547(\text{В/м});$$

$$U_{B_3} = 10,91 \cdot 10^3 \cdot 2,5 = 27275(\text{В/м});$$

Допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (6.6)$$

де N – відсоток допуску,

$U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, а для наших блоків:

$$U_{\text{доп_1}} = 4,125(\text{В/м});$$

$$U_{\text{доп_2}} = 6,25(\text{В/м});$$

$$U_{\text{доп_3}} = 30(\text{В/м}).$$

Визначаємо коефіцієнти горизонтальної і вертикальної безпеки:

$$K_{\text{бвi}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{вi}}}\right), \quad (6.7)$$

$$K_{\text{бгi}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{гi}}}\right); \quad (6.8)$$

$$K_{\text{бвi}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{4,125}{19638}\right) = -73,55 \leq 40(\text{дБ});$$

$$K_{\text{бгi}} = 20 \cdot \lg\left(\frac{4,125}{21,82}\right) = -14,47 \leq 40(\text{дБ});$$

$$K_{\text{бви}_2} = 20 \cdot \lg\left(\frac{6,25}{18547}\right) = -69,45 \leq 40(\text{дБ});$$

$$K_{\text{бгi}_2} = 20 \cdot \lg\left(\frac{6,25}{16,365}\right) = -8,36 \leq 40(\text{дБ});$$

$$K_{\text{бви}_3} = 20 \cdot \lg\left(\frac{30}{27275}\right) = -59,17 \leq 40(\text{дБ});$$

$$K_{\text{бгi}_3} = 20 \cdot \lg\left(\frac{30}{32,73}\right) = -0,76 \leq 40(\text{дБ}).$$

Границя стійкості не відповідають потрібній умові . Отже, системи є нестійкі в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Для підвищення стійкості систем СФУ необхідно використовувати екранування напівпровідникових елементів та горизонтальних струмопровідних елементів. Необхідне перехідне гасіння енергії електричного імпульсу екраном буде складати для сталі:

$$A = K_{\text{БНОМ}} - K_{\text{БМІН}} (\text{дБ}), \quad (6.9)$$

де $K_{\text{БНОМ}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки(40 дБ),

$K_{\text{БМІН}}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунку;

$$A_1 = 40 - (-73,55) = 113,55(\text{дБ});$$

$$A_2 = 40 - (-69,45) = 109,45(\text{дБ});$$

$$A_3 = 40 - (-59,17) = 99,17(\text{дБ}).$$

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \quad (6.10)$$

де f – основна частота ЕМІ $f=15000$ (Гц);

$$t_1 = \frac{113,55}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,178(\text{см});$$

$$t_2 = \frac{109Б45}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,171(\text{см});$$

$$t_3 = \frac{99Б45}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,156(\text{см}).$$

Отже, при екрануванні з використанням екрану товщиною 0,178 см, 0,171 см, 0,156 см, відповідно для кожної системи, зі сталі, системи будуть стійкі в умовах дії електромагнітного імпульсу. В умовах дії іонізуючого випромінювання системи управління і ФЕС в цілому залишаються стійкими. Тому іонізуюче випромінювання для обладнання не є таким небезпечним, як для обслуговуючого персоналу. Для нормальної роботи об'єкта під час аварій з такими наслідками, як іонізуюче випромінювання, потрібно перейти обслуговуючому персоналу на роботу скороченими робочими змінами з контролем допустимої дози. Також після проведених розрахунків визначено, що робота ФЕС стійка при заданому рівні радіації 4,24 Р/год. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування екранування систем управління і автоматики локальної електричної мережі суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Висновок В даному розділі було розглянуто охорону праці та цивільний захист. У розділі з охорони праці було розглянуто безпечну експлуатацію об'єкта, електробезпеку, технічні рішення з гігієни праці та робочої санітарії, склад повітря робочої зони, освітлення, шум, вібрації та психофізіологічні фактори У розділі з цивільного захисту нами було проведено дослідження безпеки роботи вентиляного електропривода автоматизованої автономної фотоелектричної установки. Описано вплив та наслідки дії іонізуючих випромінювання та електромагнітного імпульсу на працездатність системи електропривода. Після проведення розрахунків визначено, що стійкість роботи системи управління стійка при заданому рівні радіації 4,24 Р/год. До дії ЕМІ

система управління виявилась нестійкою.

Для досягнення граничного коефіцієнта безпеки, а відповідно безпечної роботи системи вентильного електропривода автоматизованої автономної фотоелектричної установки було запропоновано ряд заходів, розраховано товщину захисного екрана, це не менше 0,178 см, 0,171 см, 0,156 см.

ВИСНОВКИ

У Магістерській роботі розглянуто електричну частину сонячної електростанції потужністю 3.05 МВт та її роботу в електромережі.

На сьогоднішній день сонячна енергія широко застосовується у випадках , коли поблизу немає станцій які виробляють електричну енергію тоді ставляться сонячні станції для покращення якості електричної мережі або створити свою автономну систему.

При використанні сонячної електричної станції - зменшується витрата на обслуговування та витрат на паливо це дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище порівняно з використанням електростанцій на твердому та рідкому паливі.

Результатом розрахунку з генерації сонячної електричної станції та споживачів електричної енергії на прикладі Новодністровської сонячної електростанції.

Результати розрахунків з імітації впровадження визначених керувальних впливів підтвердили достатню ефективність оптимізаційних заходів.

В даній роботі було досліджено що від збільшення СЕС загострюється питання технічних проблем паралельної роботи електричної мережі з електричними станціями. Перехід до одного стандарту розширить можливість застосування СЕС та можливості споживачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «CookeD. Singlevs. Dual Axis Solar Tracking,» Altern. Energy Magazine. 2011.
2. How to benefit from the sun? Solar market overview. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://kreston-gcg.com/en/benefit-sun-solar-market-overview/>.
3. M. S. Elsherbiny, «Design Of Single-Axis And Dual-Axis Solar Tracking Systems Protected Against High Wind Speeds,» Int. J. Sci. Technol. Res., № 09, P. 84–89. 2017.
4. P. Jain, and T. Kaur, «Optimization of Solar PV System and Analysis of Tilt Angle,» ACM Conf. Proc. Energy IS, P. 14–17. 2015.
5. Solartracker – система орієнтування на Сонці. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.avislab.com/blog/solar-tracker_ru/.
6. ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://vsegost.com/Catalog/41/41131.shtml>.
7. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
8. ДСН «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>.
9. Залежність висоти сонця від широти. Кут нахилу і напрямок сонячних батарей. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://elektononika.ru/fuses/dependence-of-the-height-of-the-sun-on-latitude-angle-of-inclination-and-direction-of-solar-panels.html>.
10. Збільшення продуктивності сонячних батарей. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://uadepe.ru/interier/8539-zbilshennja-produktivnosti-sonjachnih-batarej.html>.

11. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф (станом на 01.01.2019). [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/4_2018.pdf.

12. Как заработать на солнце? Обзор рынка солнечной энергетики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kreston-gcg.com/how-to-benefit-from-the-sun-review-of-the-solar-market/>.

13. О. В. Кобилянський, І. М. Кобилянська, та С. Л. Яблочников, Основи охорони праці. Вінниця, Україна: Планер, 2007, 171 с.

14. О.В. Кобилянський, Основи охорони праці, частина 1. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2007, 183 с.

15. О.В. Кобилянський, Основи охорони праці, частина 2. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2007, 171 с.

16. О.В. Кобилянський, Охорона праці при експлуатації електроустановок. Вінниця, Україна: ВДТУ, 2003, 125 с.

17. О. В. Кобилянський, Охорона праці у галузі. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2005, 139 с.

18. Одноосные трекары. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ussolar.com.ua/ua/news/6-odnoosnye-trekery-povyshayuteffektivnostsolnechnoy-stantsii-na-15-17>.

19. Ориентация солнечных панелей, слежение за солнцем, угол наклона солнечных батарей. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.solarhome.ru/basics/pv/techtilt.htm>.

20. С. В. Дембіцька, І. М. Кобилянська, та О. В. Кобилянський, Ред., Методичні вказівки до виконання розділу з охорони праці в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього ступеня магістра за спеціальностями 153, 163, 171 і 172. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2021, 51 с.

21. Солнечный трекер, система слежения за солнцем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://greenchip.com.ua/26-0-0-.html>.

22. Сонячний трекер для збільшення продуктивності сонячних панелей. [Електронний ресурс]. Режим доступу:

<https://solarsystem.com.ua/blog/zbilshennya-produktyvnosti-sonyachnyh-panelej-sonyachnyj-treker/>.

23. Сонячні треке́ри. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ust.su/upload/iblock/85c/ust-article-1.pdf>.

24. Трекер для фотоэлектрических установок. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://solarsoul.net/treker-dlya-fotoelektricheskix-ustanovok>.

25. Трекеры для солнечных электростанций. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.alternative-energy.com.ua/vocabulary/трекеры_для_солнечных_электростанци/.

26. Ю. Студёнов, Солнечные треке́ры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ust.su/solar/media/section-inner79/3032/>.

Додаток А
Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ЕМСАПТ
д.т.н., проф. В.М. Кутін
“ _____ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
Забезпечення співвідношення потенціалу сонячної електричної станції з
потенціалом мережі
08-16.МКР.004.00.000 ТЗ

Керівник роботи к.т.н.,
_____ Богачук В.В.
“ _____ ” _____ 2021 р.

Виконав ст. гр. ЕПА-20м
_____ Швець В.А.
“ _____ ” _____ 2021

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Забезпечення співвідношення потенціалу сонячної електричної станції з потенціалом мережі»

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Електрична мережа 110/10 кВ включає в себе підстанцію призначену для розподілу потужності у локальній мережі. Розробка приводу автоматизована автономна фотоелектрична установка призначена для орієнтації сонячних панелей відносно сонячного випромінювання.

Галузь використання – відновлювальні джерела енергії.

4 Вимоги до розробки

Основними вимогами є аналіз впливу СЕС «ІМПЕРІАЛ ЕНЕРГО» 3.05 МВт на вплив режиму роботи електричної мережі.

5 Комплектація розробки

Світлова станція «Імперіал Енерго» містить: сонячні панелі; інвертор; кабель; трансформатор; власні потреби; заземлення; грозозахист.

6 Технічні характеристики

Для вказаної системи електричної мережі задані умови функціонування та графіки навантаження. Для даної СЕС необхідно вибрати умови оптимального приєднання до існуючої мережі.

7 Джерела розробки

1. ГІД 34.20.178:2005 Проектування електричних мереж напругою 0,4-110кВ.

2. ГКД 34.03.806-2002 Інструкція з охорони праці для працівників, які виконують ремонтно-експлуатаційні роботи на обладнанні, що знаходиться під дією наведеної напруги.

3. ГКД 34.20.507:2003 Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила.

4. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования.

5. ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии у её приемников, присоединённых к электрическим сетям общего назначения.

6. ДБН В.2.5-16-99 Визначення розмірів земельних ділянок для об'єктів електричних мереж.

7. How to benefit from the sun? Solar market overview [Електроннийресурс].
– Режимдоступу: <https://kreston-gcg.com/en/benefit-sun-solar-market-overview/>

8. Сонячні трекери [Електронний ресурс] . - Режим доступу:
<http://ust.su/upload/iblock/85c/ust-article-1.pdf>

9. ДБН 360-92** Містобудування. Проектування і забудова міських і сільських поселень.

10. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво.

11. ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення

8 Елементна база

Сонячні панелі, інвертор, трансформатор, кабель, власні потреби, крокові двигуни – 2 шт., контролер – 1 шт., модуль реального часу 1 – шт., акумуляторна батарея – 1 шт., кріплення двигуна.

9 Конструктивне виконання

Вся система керування зафіксована на корпусі установки у спеціальному корпусі.

10 Показники технологічності

Розвиток схеми електричної мережі потрібно здійснювати з врахуванням технологічних умов керування режимами і селективного спрацювання релейного захисту. Для застосування засобів по зменшенню втрат активної потужності використані норми втрат , що діють у ПАТ «Вінницяобленерго».

11 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування і ремонт існуючої електричної мережі 110/10кВ і нових об'єктів приводиться відповідними службами ПАТ «Вінницяобленерго», а саме Могилів –Подільського РЕМ.

12 Живлення електропривода

Живлення схеми розвитку забезпечується від системної підстанції 110кВ.

Додаток Б
Ілюстративні матеріали