

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

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

Кафедра Електротехніка та електромеханіка

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

 /А. М. Муха/

« 18 » 12 20 20 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань **14 Електрична інженерія**


Спеціальність **141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка**

Освітньо-професійна програма **Електромеханічні системи автоматизації та електропривод**

Тема **Розробка моделі для визначення струмів короткого замикання в електротехнічному комплексі з інтегрованою сонячною електростанцією**

Theme **Development of a model for determining short-circuit currents in an electrical complex with an integrated solar power plant**


Керівник дипломної роботи

доц.  О. І. Бондар

Нормоконтролер

доц.  Карзова О. О.

Студент групи ЕП1921

 В. В. Оскаленко

Student

Oskalenko Volodymyr

Дніпро – 2020

Факультет Управління енергетичними процесами

кафедра Електротехніка та електромеханіка

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри



(підпис)



(ПІБ)

«24» 09 2020 р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної магістерської роботи на здобуття ОКР “магістр”
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

студента групи 264-М ЕП1921 Оскаленка Володимира Володимировича
(номер групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи Розробка моделі для визначення струмів короткого замикання в електротехнічному комплексі з інтегрованою сонячною електростанцією.

затверджена наказом по університету № 849ст від “12” 11 2019 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи 17.12.2020 р.





3. Вихідні дані до дипломної роботи: принципова оперативна схема тягової підстанції залізничного транспорту, основні технічні характеристики обладнання тягової підстанції, принципова схема та технічні характеристики електрообладнання сонячної електростанції, потужність короткого замикання на вводі тягової підстанції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань до розробки): критичний аналіз існуючих літературних джерел на тему моделювання й розробки електротехнічних комплексів з відновлюваними джерелами енергії і визначення на цій основі раціонального способу приєднання сонячної електростанції до тягової підстанції. Враховуючи компоновальні та схемні особливості розглядуваного електротехнічного комплексу скласти його електричні схеми заміщення для режимів короткого замикання на шинах розподільчих установок підстанцій. Згідно розроблених схем заміщення виконати розрахунки струмів короткого замикання в зазначених точках з метою аналізу впливу приєднання сонячної електростанції на струми короткого замикання в системі.

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

Схема головних електричних з'єднань тягової підстанції, принципова схема та основне обладнання сонячної електростанції, розрахункові схеми заміщення для розрахунків струмів короткого замикання, результати розрахунків, висновки та рекомендації на основі виконаної роботи

6. Консультанти (з назвами розділів)


Розділ	консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Бондар О.І.		
Вимоги безпеки при експлуатації сонячних електростанцій	Саблін О.І.		

7. Дата видачі завдання “ 24 ” 09 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва розділу дипломного проекту	Термін виконання	Примітка
1	Вступ, основна частина – 30%	18.10.20	
2	Основна частина – 60%	15.11.20	
3	БЖД	10.12.20	
4	Графічні роботи, 100% готовності диплому	06.12.20	

Студент-дипломник


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Розробка моделі для визначення струмів короткого замикання в електротехнічному комплексі з інтегрованою сонячною електростанцією» містить: 48 сторінки основного тексту, 7 таблиць, 11 рисунків, 14 літературних джерел.

Мета роботи – розробка моделі для визначення струмів короткого замикання в трьохфазному та двофазному режимах

В розділі 1 надання загальної інформації про роботу сонячних електростанцій, а саме Самборської СЕС

У розділі 2 детально проведено розрахунки струмів короткого замикання, та показано побудову моделі для визначення струмів короткого замикання

У розділі 3 представлена охорона праці та безпеки життєдіяльності

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ІНВЕРТОР, ТРИФАЗНИЙ СТРУМ, ДВОФАЗНИЙ СТРУМ

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		2

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СХЕМИ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРИЄДНАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ. АНАЛІЗ СХЕМИ	9
1.1 Вимоги щодо приєднання альтернативних джерел електричної енергії до зовнішніх електричних мереж	9
1.2 Аналіз схеми головних електричних з'єднань та обладнання тягової підстанції постійного струму до якої під'єднується альтернативні джерела.	10
1.3 Аналіз принципової схеми та обладнання сонячної електростанції під'єднаної до системи електропостачання залізниць	14
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ	23
2.1 Складання схеми заміщення	23
2.2 Розрахунок струмів к.з.	25
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	43
3.1 Охорона праці	43
3.2 Заходи з електробезпеки	44
3.3 Протипожежні заходи	44
3.4 Пасивні засоби протипожежного захисту	45
3.5 Захист будівельних споруд від корозії	45
3.6 Коротка характеристика сонячної електростанції	46
3.7 Захист від небезпечних природних і техногенних чинників	46

3.8 Заземлення	47
3.9 Блискавкозахист	48
3.10 Власні потреби	51
3.11 Обслуговування обладнання електростанції	51
3.12 Вплив на навколишнє середовище	52
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	57

ВСТУП

Основною причиною порушення нормального режиму роботи системи електропостачання є виникнення короткого замикання (к.з.) в мережі або в елементах електрообладнання внаслідок пошкодження ізоляції або неправильних дій з боку обслуговуючого персоналу. Для зниження збитків, зумовлених виходом з ладу електрообладнання при протіканні струмів к.з., а також для швидкого відновлення нормального режиму роботи системи електропостачання необхідно правильно визначити струми к.з. і спираючись по їх даним вибирати електрообладнання, апаратуру захисту і засоби ,які обмежать струми к.з.

При виникненні к.з відбувається збільшення струмів у фазах системи електропостачання або електрообладнання у порівнянні з їх значеннями у нормальному режимі роботи. У свою чергу це викликає зниження напруги у системі, яке є значним поблизу місця к.з.

Розрахунковим видом к.з. для вибору або перевірки параметрів електрообладнання звичайно вважають трифазне к.з.

В залежності від призначення розрахунку струмів к.з. вибирають розрахункову схему мережі, визначають вид к.з., місце знаходження точок к.з. на схемі і опори елементів схеми заміщення.

При виникненні коротких замикань в системі електропостачання її загальний опір зменшується, що призводить до збільшення струмів в її вітках порівняно з струмами нормального режиму, а це викликає зниження напруги окремих точок системи електропостачання, яке особливо велике поблизу місця короткого замикання. Залежно від місця виникнення і тривалості ушкодження його наслідки можуть мати місцевий характер або відбиватися на всій системі електропостачання.

При великій віддаленості короткого замикання величина струму короткого замикання може становити лише незначну частину номінального струму і виникнення такого короткого замикання сприймається як невелике

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

збільшення навантаження. Сильне зниження напруги виходить тільки поблизу місця короткого замикання, в той час як в інших точках системи електропостачання це зниження менш помітно. Отже, при розглянутих умовах небезпечні наслідки короткого замикання проявляються лише в найближчих до місця аварії частинах системи електропостачання.

Струм короткого замикання, будучи навіть малим в порівнянні з номінальним струмом генераторів, зазвичай у багато разів перевищує номінальний струм гілки, де сталося коротке замикання. Тому і при короткочасному протіканні струму короткого замикання він може викликати додатковий нагрів струмоведучих елементів і провідників вище допустимого.

Струми короткого замикання викликають між провідниками великі механічні зусилля, які особливо великі на початку процесу короткого замикання, коли струм досягає максимального значення. При недостатній міцності провідників та їх кріплень можуть мати місце руйнування механічного характеру.

При малій віддаленості і достатньої тривалості короткого замикання можливе випадання із синхронізму паралельно працюючих станцій, тобто порушення нормальної роботи всієї електричної системи, що є небезпечним наслідком короткого замикання.

Виникаючи при замиканнях на землю, невідновлені системи струмів здатні створити магнітні потоки, достатні для наведення в сусідніх ланцюгах (лініях зв'язку, трубопроводах) значних ЕРС, небезпечних для обслуговуючого персоналу та апаратури цих ланцюгів.

Розрахунки струмів короткого замикання виробляються для вибору або перевірки параметрів електроустаткування, а також для вибору або перевірки уставок релейного захисту і автоматики.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СХЕМИ РІШЕННЯ ДЛЯ ПРИЄДНАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ДО СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ. АНАЛІЗ СХЕМИ

1.1 Вимоги щодо приєднання альтернативних джерел електричної енергії до зовнішніх електричних мереж.

Україна на сьогодні опублікувала два документи, щодо впровадження приєднання сонячних та вітрових електростанцій до електричних мереж:

- Вимоги до вітрових та сонячних фотоелектричних електростанцій щодо приєднання до зовнішніх електричних мереж (основні вимоги до ВЕС та СЕС потужністю від 150 кВт приєднання до електричних мереж загального призначення). [4]

- Під'єднання об'єктів вітроенергетики до електричних мереж. Порядок та вимоги. [5]

Приєднання до електричних мереж інших видів альтернативних джерел електричної енергії, що приєднуються до електричних мереж впроваджуються іншими нормативними документами.

Вимоги поділяться за номінальною потужністю в точці з'єднання:

- Потужність 150 кВт - 2 МВт – електростанції малої потужності, впливають на режим роботи локальних вузлів розподільчих мереж середньої напруги;

- Потужність 2 МВт - 25 МВт – електростанції середньої потужності, впливають на роботу місцевих електричних мереж середньої та високої напруги.

- Потужність більше 25 МВт – електростанції значної потужності, впливають роботу місцевих електричних мереж, магістральних електричних мереж, а також можуть впливати на баланси потужності енергосистем. Допустимі діапазони зміни частоти і напруги

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Електростанція зобов'язує відхиленню частоти та напруги в точці з'єднання при робочих та аварійних умовах експлуатації. Потужність генерації має зменшуватися на мінімально можливу величину.

Цей документ встановлює вимоги до:

- допустимих діапазонів зміни частоти і напруги;
- якості електроенергії;
- управління та моніторингу;
- захисту;
- обміну даними та сигналами;
- до документації;
- до схем приєднань.

1.2 Аналіз схеми головних електричних з'єднань та обладнання тягової підстанції постійного струму до якої під'єднується альтернативні джерела.

Тягова підстанція – призначена для живлення транспортних засобів на електричній тязі через контактну мережу. Від тягової підстанції отримують живлення інші нетягові споживачі та також деякі районні споживачі.

Розподільчі пристрої тягової підстанції виконуються відповідно вимог будівельних, протипожежних та правил улаштування електроустановок (ПУЕ). До основних вимог відносять високу надійність роботи обладнання, безпеку обслуговування та економічність. На тягових підстанціях постійного струму застосовують апарати для зменшення перешкод, викликаних випрямною апаратурою. До таких апаратів відносять згладжуючі пристрої та пристрої для компенсації реактивної потужності. Згладжуючі пристрої призначені для обмеження впливу пульсації постійного струму, викликаних випрямлячем на лінії зв'язку, що проходять паралельно контактної мережі.

Середня відстань між тяговими підстанціями на постійному струмі складає 20 км, а на вантажонапружених ділянках 15 – 18 км. Недоліком

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

системи постійного струму є руйнівний вплив на підземні металеві споруди (трубопроводи, кабелі) блукаючих струмів, які стікають з тягової рейки в землю. Також вагомими недоліками є: низький рівень напруги в тяговій мережі та малі відстані між підстанціями; відносно великий перетин проводів контактної мережі; складність тягових підстанцій та наявність пускових реостатів на електрорухомому складі.

До переваг системи постійного струму відносять: слабкий електромагнітний вплив на суміжні пристрої електричних залізниць; відсутність реактивних потоків по тягових мережах та внаслідок цього виключення необхідності використання засобів компенсації реактивної потужності.

Тягова підстанція постійного струму яка живить ЕЧ-22 Львівської залізниці «Самбір» має два вводи отримує живлення від системи зовнішнього електропостачання. По повітряних кВ110 кВ. «Рудки» та «Старий Самбір» як і належить споживачу 1 категорії надійності електропостачання. Особливістю схеми живлення є те що вказані незалежні джерела несинхронизовані між собою та тому живлення завжди здійснюється лише по одній лінії а інша виступає в якості резервної. Від РУ- 10 кВ електрична енергія поступає на два головні знижувальні трансформатори Т1 та Т2 потужністю 31500 кВа. До обмотки ЕС трансформаторів під'єднано РУ – 35 кВ від якого здійснюється живлення нетягових районних споживачів електроенергії розташованих поблизу залізничної лінії. Живлення зазначених споживачів організовано по 3-х повітряних лініях Л - 31, Л - 32, Л - 33.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

трансформатори власних потреб тягової підстанції.

Однією з зазначених вище трансформаторних підстанцій є ТП – 4 яка підключена до РУ -10 кВ ЕЧЕ – 22 через кабельні лінії Л-20 та Л-21 довжиною 230 м. Трансформаторна підстанція ТП – 4 характерна тим що має дві секції шин до яких через приєднання 2 та 3 відповідно за допомогою кабельних ліній приєднано першу та другу чергу Самбірської сонячної електростанції. Такі компанувальні рішення дозволяють нейтралізувати вплив можливих аварійних режимів СЕС на процес тягового електропостачання тому що сонячна електростанція не має безпосереднього зв'язку з шиною РУ – 10 кВ від яких отримують живлення тягові агрегати. В той же час за допомогою зазначених вище кабельних ліній електроенергії генерована СЕС може бути направлена на потреби електричної тяги підсилюючи таким чином систему тягового електропостачання ділянки або використана для живлення нетягових споживачів районної електричних мереж або споживачів що живляться від лінії повздовжнього електропостачання у разі відсутності руху на ділянці. З економічної точки зору таке компанувальне рішення має певну перевагу перед підключенням СЕС до РУ -35 кВ ЕЧЕ – 22 з точки зору зменшення капітальних вкладень в електрообладнання. До того ж в разі такого способу підключення відсутня необхідність завантажувати головний знижувальний трансформатор потужністю від СЕС при використанні для потреби тяги. Це є позитивним з точки зору більш ефективного використання потужності ГЗТ так і з позиції запобігання додатковим втратам цього трансформаторі.

Безпосереднє живлення тягової мережі відбувається від РУ-3,3 кВ по фідерах Ф1 та Ф4 на яких встановлено швидкодіючі вимикачі ВАБ-206 (Ф1 та Ф4) Jiropid(Ф3 та ВАБ-49 Ф2) а також відповідних роз'єднувачів на телекеруванні.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3 Аналіз принципової схеми та обладнання сонячної електростанції під'єднаної до системи електропостачання залізниць

Сьогодення сучасної енергетики обумовлюється зростаючим обсягом електроенергії отриманої від відновлюваних джерел. В основі цього процесу є необхідність вирішення екологічних проблем, охорони довкілля і складнощі енергетичної політики у світі, обумовленої, серед іншого, і зростаючим дефіцитом традиційних енергетичних ресурсів. Нині альтернативні джерела електроенергії нестримно розвиваються, збільшується кількість постачальників і змінюються умови надання послуг з електропостачання. Україна за останні декілька років добила значного прогресу в розвитку джерел альтернативної електричної енергії, зокрема, сонячних (СЕС) і вітрових (ВЕС) електростанцій. На сьогодні у світі існують приклади успішного впровадження використання електроенергії, отриманої від відновлювальних джерел, в системі електричної тяги.

Інтеграція сонячних електростанцій в систему тягового електропостачання постійного струму вимагає розробки нових принципів проектування, функціонування та керування режимами роботи тягового електропостачання. Необхідність їх розробки обумовлена наступними факторами: змінюється структура електричної системи, потужність генерації сонячних джерел електроенергії визначається зовнішніми факторами (в першу чергу інтенсивністю сонячного випромінювання) і мало залежить від режиму роботи електричної мережі, до якої вони під'єднанні, сонячні установки можуть мати коливальний або переривчастий характер генерації потужності, що може призвести до сильних коливань потужності в системі та впливати на режими її роботи, більшість сонячних генераторів під'єднанні до мережі за допомогою силових електронних перетворювачів (інверторів), які дуже чутливі до рівнів напруги.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Рекомендації щодо приєднання сонячної електростанції до шин тягових підстанцій. Принципово різна фізична природа відновлювальних джерел електричної енергії обумовлює відмінності параметрів їх схем заміщення, що впливають на характер зміни струмів к.з у приєднаних електроустановок.

При розробці технічних умов на приєднання сонячних електростанцій до об'єктів системи електропостачання залізниць України, рекомендується:

- при загальному аналізі можливості приєднання та формуванні Технічних умов на приєднання по технічним питанням необхідно керуватися вимогами чинних нормативних документів.

- враховуючи забезпечення безпосереднього електропостачання тягових споживачів для гарантії безпеки руху, доцільну точку приєднання, модернізація обладнання тягової підстанції та необхідність встановлення додаткових видів релейного захисту та автоматики необхідно визначати на основі техніко-економічного обґрунтування окремо для кожного нового об'єкту для підключення.

- з метою уникнення реверсного режиму роботи обладнання, забезпечення правильності та надійності роботи релейного захисту та автоматики тягових підстанцій електрифікованого залізничного транспорту, мінімізація витрат на реконструкцію релейного захисту та автоматики при виборі точки приєднання до тягової підстанції перевагу потрібно надавати шинам вищої напруги.

- не допускається приєднання відновлювальних джерел електричної енергії до ліній, до комплектних трансформаторних підстанцій та шин розподільчих пристроїв 6-10 кВ станцій та перегонів, якщо вони мають зв'язок з системами живлення пристроїв автоблокування та інших систем безпеки руху поїздів.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

- при приєднанні до шин ВН, СН або НН тягових підстанцій повинні бути перевірені на чутливість до струмів короткого замикання, що протікають по елементах електричної схеми від вітки живлення сонячної електростанції, що приєднується, релейні захисти, зокрема: відповідних секційних вимикачів; диференційних захистів силових трансформаторів; захистів основних фідерів, що відходять від шин, до яких приєднано сонячні електростанції.

- враховуючи різноманітний характер тягового навантаження, великі пускові струми електровозів на фідерній зоні, приєднання відновлювальних джерел електроенергії безпосередньо до шин, від яких отримують живлення тягові агрегати (10 або 35 кВ) не допускається.

- Враховуючи те, що фотоелектрична панель має високий внутрішній опір та відповідно струм сонячної електростанції в режимі к.з. незначно відрізняється від струму робочого режиму та є суттєво нижчим за струмом к.з., зумовлений дією джерела системи зовнішнього електропостачання, при приєднанні електростанцій цього типу необхідно передбачати струмовий захист, який унеможливило б підживлення місця к.з., в системі тягового електропостачання за рахунок сонячної електростанції. Тому, для приєднання, через які підключена сонячна електростанція, доцільним є застосування струмового захисту з блокуванням по напрузі. Для унеможливлення підживлення точки к.з., на підстанції від відновлювальних джерел електроенергії доцільно доповнити діючу автоматику функцією відключення відновлювальних джерел електроенергії від шин тягової підстанції при виникненні к.з.. [3].

У випадку незабезпечення необхідної чутливості захисту, приймаються інші види захисту, або інші технічні рішення виконання приєднання. Повинна бути забезпечена чутливість струмових (або нових типів захистів) на лініях зв'язку сонячних електростанцій з шинами тягових підстанцій при коротких замиканнях на цих лініях та на шинах приєднання.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		14

- при приєднанні сонячних електростанцій до шин тягових підстанцій повинні бути забезпечені вимоги щодо якості електроенергії в місці балансового розмежування електричних мереж власника сонячної електростанції та залізниці. Якість електроенергії, яка генерується відновлювальними джерелами електроенергії, повинна задовольняти вимогам чинних нормативних документів. Необхідно також забезпечити доцільні рівні генерації вищих гармонік та реактивної потужності та умови синхронної роботи для забезпечення стійкості роботи електричної мережі.[3].

Сучасний стан тягового електропостачання постійного струму характеризується дефіцитом електричної енергії для забезпечення необхідного режиму напруги в ТМ при впровадженні швидкісного руху. Використання засобів підсилення в більшості випадків не забезпечує необхідних енергетичних показників. Дефіцит енергоресурсів становить можливість використання незалежних джерел електричної енергії для живлення пунктів підсилення тягової мережі.

Перевага живлення ПП від сонячних батарей полягає в тому, що немає необхідності в монтажі додаткової живильної лінії від тягової підстанції і незалежність їх роботи від неї. До питань, підлягаючих вирішенню слід віднести: тип джерела поновлюваної електричної енергії; компенсація впливу погодних умов на рівень генерованої енергії; схемотехніка, компоновання і елементна база; техніко-економічне обґрунтування їх застосування з прив'язкою до надійності забезпечення живлення тягового навантаження з необхідними енергетичними характеристиками. Схема лінійного ПП складається з однофазного інвертора на IGBT транзисторах, перетворюючого трансформатора і випрямляча. Для зменшення габаритних розмірів трансформатора використовується напруга підвищеної частоти (700 Гц), а сердечник трансформатора виконаний з аморфного сплаву [2].

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						15
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Стосовно нашої тягової підстанції прикладом використання відновлювальних джерел живлення в об'єктах енергетики системи тягового електропостачання є тягова підстанція Самбір, Львівської залізниці (ЕЧЕ–22) до якої приєднана сонячна електростанція. Сонячна електростанція розташована в с. Ралівка, Самбірського району Львівської області.

Живлення здійснюється по двох лініях від енергосистем Острів та від енергосистеми України через лінію Рудки з первинною напруги 110 кВ, по цих лініях електрична енергія поступає до розподільчої установки 110 кВ, при чому режим роботи лінії є роздільним через те, що лінія Острів не синхронізована з енергосистемою України.

На підстанціях встановлено два головних знижувальних трансформатора які згідно за першою категорією надійності мають забезпечувати живлення всіх споживачів першої категорії. До шин середньої та низької напруги під'єднані РУ – 35 та 10 кВ. По РУ – 10 кВ серед під'єднань є одне під'єднання (кабельна лінія) яке йде на трансформатор типу ТДТН-31500/110 на підстанцію (відстань до якої приблизно 200м). Місцем розташування підсилюючого пункту є пост секціонування контактної мережі (ПСК) Ваньовичі, розташований на міжпідстанційній зоні.

Самбірська СЕС призначена для виробництва електричної енергії за рахунок фотоелектричного перетворення сонячної енергії.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		16

Характеристики основного обладнання першої черги Самбірської СЕС.

Параметри	Значення
1 Тип генеруючого обладнання	Фотоелектрична панель
2 Загальна електрична потужність (макс), кВт	1081
3 Тип фотомодуля	SUNOWE 230 – 245
4 Потужність модуля (макс), Вт	230 – 250
5 Кількість модулів	230 – 1680 шт. 245 – 1120 шт. 250 – 1680 шт.
6 Тип інвертора	IG PLUS.150 – V3
7 Потужність інвертора, кВт	12,0
8 Кількість інверторів	85
9 Кут нахилу панелей	30°
10 Тип трансформатора	ТМ – 1000/10/0,4
11 Кількість трансформаторів	1
12 Номінальна потужність трансформатора,кВт	1 000
13 Тип розподільчих шафи	РШ1 – 8 шт., РШ2 – 17 шт., ВМ3 – 85 шт., РШ4 – 6шт.

Таблиця1. Параметри обладнання першої черги Самбірської СЕС.

Сонячна електростанція застосовується в базовому режимі роботи. Потужність генерування панелей залежить параметрів сонячного випромінювання в зоні розташування. До складу Самбірської СЕС входять сонячні модулі типу SUNOWE, 230 -245 Вт, (в загальній кількості 4480 шт.)

потужність яких складає 1081 кВт. Інвертор типу IGPLUS.150 – V3 застосовують (в загальній кількості 85 шт.) для перетворення електричної енергії з постійного струму в змінний струм. Також встановлений один силовий трансформатор 0,4/10 кВ, 1000 кВа. який монтується в КТП. В КТП встановлюється в/в комірка з вакуумним вимикачем 10 кВ для підключення кабельної лінії від СЕС до ТП-5. Між трансформаторами та інверторами встановлені розподільчі шафи напругою 0.4 кВ з плавкими запобіжниками. Розподільчі шафи виготовлені з пластмаси, частина конструкції закопується в землю.

Сонячні модулі між собою та з інверторами з'єднуються мідними кабелями постійного струму, які прокладаються по опорних конструкціях сонячного поля.



Рис1.3.2. Інвертор

Зі сторони ЛЕП – 10 кВ в КТП монтується силовий однофазний трансформатор 10/0,2кВ, для забезпечення незначних по навантаженню власних потреб.

Система контролю та керування (СКК) СЕС призначена для:

- забезпечення керування устаткуванням генеруючих блоків та сонячною електростанцією в нормальних, перехідних та передавальних режимах роботи для виробництва електричної енергії;
- захист обладнання шляхом зупинки або зниження навантаження при загрозі виникнення аварії;
- забезпечення персоналу інформацію про хід технологічного процесу та стан обладнання для оперативного керування;
- передачу інформації про стан устаткування та показники роботи авторизованим користувачем.

Основна СКК передбачена в кожному інверторі. СКК розподіляються на наступні групи:

- сигналізація світлодіодними лампами стану інвертора;
- письмова інформація про параметри електроенергії, порушення нормального стану на дисплеї інвертора;
- автоматика нормальних режимів, автоматичне відключення при збільшенні параметрів інвертора.

Вся інформаційна система передає інформацію від кожного інвертора до центрального станційного комп'ютера по кабелях зв'язку. Центральний комп'ютер встановлений в службовому приміщенні сонячної електростанції. В центральному комп'ютері скупчується вся інформація що надходить від інвертора, це дає змогу оцінити стан обладнання сонячної електростанції, інформацію про режими, параметри та відхилення від нормального режиму. З центрального комп'ютера по каналах мобільного зв'язку інформація передається в експлуатаційний центр.

Також на СЕС встановлено автоматизована система контролю обліку електроенергії, яка забезпечує визначення величини виробленої електричної

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		19

енергії на СЕС та відправленої в енергосистему. Параметри з лічильників на СЕС передаються по каналам мобільного зв'язку в центральний сервер автоматизованої системи контролю обліку електроенергії, а потім інформація по талетах переходить до різних інформаційних центрів.

Фотоелектричні панелі встановлюють на стаціонарні конструкції. Для уникнення затінення робочої поверхні панелі, ряд блоків панелей встановлюють зі значним розривом (просвіт якого становить 7 м.) це забезпечує доступ для огляду та монтажу. На конструкціях фотоелектричних панелей встановлюють інвертори та розподільчі шафи. Між інверторами та трансформаторною підстанцією використовують підземну прокладку силових кабелів низької напруги. Для кожного блоку СЕС рішення щодо розташування інверторів та КТП визначають індивідуально.



Рис 1.3.3 фотоелектрична панель

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

2.1.Складання схеми заміщення

Розрахунок значень струмів короткого замикання здійснюється для заданої тягової підстанції постійного струму ЕЧЕ Самбір. Яка отримує живлення зі сторони «Рудки» та сторони «Острів».

Тягова підстанція має два головних понижуючих трансформатори типу ТДТН –3150–110/35/10 (паспортні дані представлені в розрахунках).

До тягової підстанції приєднується дві черги джерел сонячної генерації або сонячної електростанції (СЕС). Потужність першої черги складає 3,1 МВт (СЕС1), потужність другої (СЕС2) – 1 МВт.

При складанні схеми заміщення для розрахунку струму короткого замикання на 110 кВ враховувались активний та реактивний опори системи, від якої іде живлення та напруга системи. Зазвичай, при розрахунках нехтують активним опором, якщо відношення x/r більше трьох, однак у нашому випадку його необхідно враховувати.

Для розрахунку струму короткого замикання на 35 та 10 кВ враховуємо активний та реактивний опори головного понижуючого трансформатора.

При розрахунках кожної черги СЕС враховуються активний та реактивний опори кабельної лінії, активні та реактивні опори трансформаторів та активний опір інвертору, за допомогою яких вони були приєднанні.

Порядок розрахунку струмів трифазного короткого замикання для даної установки : складається розрахункова схема установки, на якій вказуються всі генеруючі джерела і ті ланцюги, для яких необхідно розрахувати струми к.з. На розрахунковій схемі вказуються ті точки, для яких слід знайти величини струмів к.з. Всі опори мають бути приведені до одного вигляду. Розрахунок струмів к.з. при опорах, виражених в омах, має

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

ряд переваг. Перш за все розрахунку набуває конкретніший характер і обчислення значно спрощуються.

Для спрощення розрахунків вважаємо наш інвертор ідеальним, тобто його $\cos\varphi=1$.

Живлення підстанції відбувається по одній гілці, тобто або зі сторони «Рудки» або зі сторони «Острів». В подальшому розрахунок будемо вести по окремій гілці «Рудки».

Самі сонячні батареї на схемі заміщення представлені, як ЕРС. Враховуючи вище сказане, складемо схему заміщення підстанції при підключенні до шин 10 кВ другої та першої черги СЕС при живленні зі сторони «Рудки».

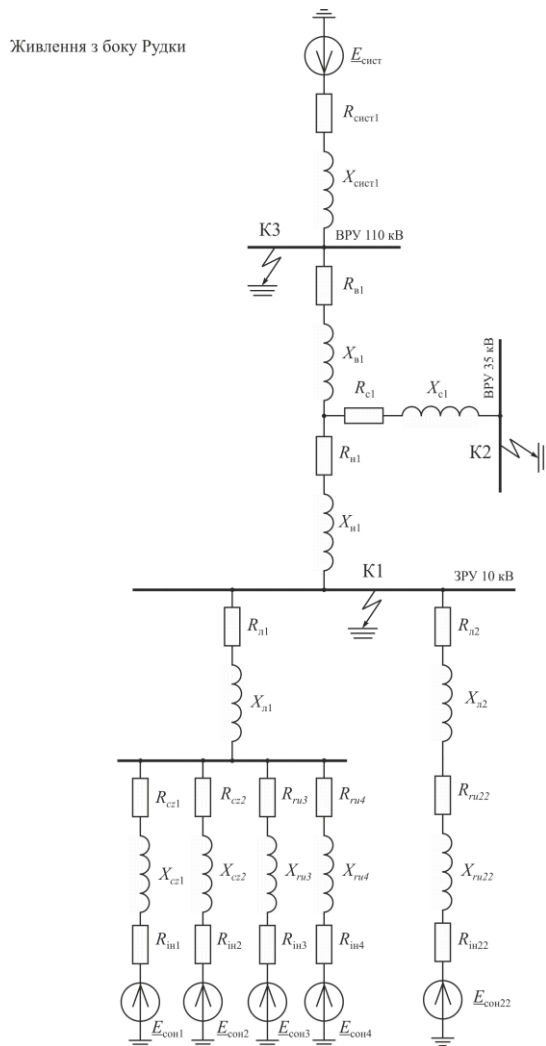


Рис.4. Живлення з боку «Рудки»

2.2 Розрахунок струмів к.з.

При розрахунку режимів КЗ можна не враховувати опору комутаційних апаратів, трансформаторів струму, шин розподільних пристроїв (РП) і різних контактів в електроустановках, їх опори дуже малі в порівнянні з опорами інших елементів системи.

Вихідні дані системи живлення:

- зі сторони «Рудки»:

- напруга зовнішньої енергосистеми:

$$U_{\text{зов}} = 115 \text{ кВ};$$

- активний опір зовнішньої енергосистеми:

$$R_{\text{сист}} = 10,47 \text{ Ом};$$

- реактивний опір зовнішньої енергосистеми:

$$X_{\text{сист}} = 27,6 \text{ Ом};$$

Вихідні дані головного понижуючого трансформатора (ГПТ) зі сторони «Рудки»:

Таблиця 2– паспортні дані трансформатора ТДТН-31500/110

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{квн-сн}}, \%$	$u_{\text{квн-нн}}, \%$	$u_{\text{кш-нн}}, \%$
ТДТН-31500/110	31500	10,2	16,3	6,2

При нормальному режимі на тяговій підстанції у роботі знаходиться лише один головний трансформатор, тобто живлення іде зі сторони «Рудки». Тому, при розрахунках розглянемо варіанти приєднання СЕС до шин 110, 35 та 10 кВт коли живлення іде з одного або іншого боку.

1. Розглянемо перший варіант приєднання. Підключаємо СЕС до шин 10 кВ. Живлення іде зі сторони «Рудки»:

Для розрахунку струмів к.з. спочатку знаходимо опори усіх елементів системи.

Спочатку знаходимо опори головного понижуючого трансформатора. Для цього знаходимо напругу короткого замикання для кожної обмотки трансформатора за формулами:

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$u_{\text{кв}} = \frac{1}{2} \times (u_{\text{квн-сн}} + u_{\text{квн-нн}} - u_{\text{кcn-нн}}); \quad (1)$$

$$u_{\text{кн}} = \frac{1}{2} \times (u_{\text{кcn-нн}} + u_{\text{квн-нн}} - u_{\text{квн-сн}}); \quad (2)$$

$$u_{\text{кcn}} = \frac{1}{2} \times (u_{\text{квн-сн}} + u_{\text{кcn-нн}} - u_{\text{квн-нн}}); \quad (3)$$

де $u_{\text{кв}}$, $u_{\text{кн}}$ та $u_{\text{кcn}}$ – відповідно напруга короткого замикання високої, низької та середньої сторони напруги головного понижуючого трансформатора у відсотках;

$u_{\text{квн-сн}}$, $u_{\text{квн-нн}}$, $u_{\text{кcn-нн}}$ – напруга короткого замикання між двома обмотками, відповідно високої-середньої, високої-низької та середньої-низької сторони напруги головного понижуючого трансформатора у відсотках.

Підставимо у (1) – (3) вихідні дані трансформаторів та отримаємо результати:

- для ГПТ зі сторони «Рудки»:

$$u_{\text{кв}} = 10,51\%;$$

$$u_{\text{кн}} = 6,29\%;$$

$$u_{\text{кcn}} = 0\%;$$

Знаходимо реактивний опір за формулами:

$$X_{\text{в}} = \frac{u_{\text{кв}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10}{S_{\text{номГПТ}}}; \quad (4)$$

$$X_{\text{н}} = \frac{u_{\text{кн}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10}{S_{\text{номГПТ}}}; \quad (5)$$

$$X_{\text{cn}} = \frac{u_{\text{кcn}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10}{S_{\text{номГПТ}}}; \quad (6)$$

де $X_{\text{в}}$, $X_{\text{н}}$, X_{cn} – реактивні опори, відповідно високої, низької та середньої напруги сторін ГПТ,

$U_{розр}$ – зовнішня напруга енергосистеми «Рудки» приведена до коефіцієнту трансформації ГПТ, $U_{розр}=11,517\text{кВ}$

$S_{номГПТ}$ – номінальна потужність ГПТ.

Підставимо у (4) – (6) дані та отримаємо результати:

- для ГПТ зі сторони «Рудки»:

$$X_B=0,443\text{Ом};$$

$$X_H=0,265\text{Ом};$$

$$X_{CH}=0\text{Ом};$$

Знаходимо втрати короткого замикання на кожній обмотці трансформатора за формулами:

$$\Delta P_{KB} = \frac{1}{2} \times (\Delta P_{KBH-CH} + \Delta P_{KBH-HH} - \Delta P_{KCH-HH}); \quad (7)$$

$$\Delta P_{KH} = \frac{1}{2} \times (\Delta P_{KCH-HH} + \Delta P_{KBH-HH} - \Delta P_{KBH-CH}); \quad (8)$$

$$\Delta P_{KCH} = \frac{1}{2} \times (\Delta P_{KBH-CH} + \Delta P_{KCH-HH} - \Delta P_{KBH-HH}); \quad (9)$$

де $\Delta P_{KB}, \Delta P_{KH}, \Delta P_{KCH}$ – втрати короткого замикання, відповідно обмоток високої, низької та середньої напруги;

$\Delta P_{KBH-CH}, \Delta P_{KCH-HH}, \Delta P_{KBH-HH}$ – втрати короткого замикання між обмотками, відповідно високої-середньої, середньої-низької та високої-низької напруги.

- для ГПТ зі сторони «Рудки»

$$\Delta P_B=154,75\text{кВт};$$

$$\Delta P_H=107,25\text{кВт};$$

$$\Delta P_{CH}=93,25\text{кВт};$$

Знаходимо активний опір за формулами:

$$R_B = \frac{\Delta P_{KB} \times U_{розр}^2 \times 10^3}{S_{номГПТ}^2}; \quad (10)$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{н}} = \frac{\Delta P_{\text{кн}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10^3}{S_{\text{номГПТ}}}; \quad (11)$$

$$R_{\text{сн}} = \frac{\Delta P_{\text{ксн}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10^3}{S_{\text{номГПТ}}}; \quad (12)$$

де $R_{\text{в}}, R_{\text{н}}, R_{\text{сн}}$ – активні опори, відповідно високої, низької та середньої напруги сторін ГПТ.

Підставимо у (10) – (12) дані та отримаємо результати:

- для ГПТ зі сторони «Рудки»:

$$R_{\text{в}} = 0,021 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{н}} = 0,014 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{сн}} = 0,012 \text{ Ом};$$

Розрахуємо устаткування, що безпосередньо підключені до СЕС.

Перша черга СЕС має чотири КТП, друга – одну.

Запишемо паспортні дані трансформаторів, що приєднанні до кожної КТП, з відповідними порядковими номерами.

Таблиця 3– паспортні дані трансформатора КТП-1 ДТТНЛ-1000/10

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{к}}, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$
ДТТНЛ -1000/10	1000	5,84	8,8

Таблиця 4– паспортні дані трансформатора КТП-2 ДТТНЛ-1000/10

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{к}}, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$
ДТТНЛ -1000/10	1000	5,77	8,8

Таблиця 5– паспортні дані трансформатора КТП-3 ТМГ-1000/10

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{к}}, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$
ТМГ -1000/10	1000	5,94	10,6

Таблиця 6– паспортні дані трансформатора КТП-4 ТМГ-1000/10

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{к}}, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$
--------------------	--	--------------------	-----------------------------------

ТМГ -1000/10	1000	5,99	10,6
--------------	------	------	------

Таблиця 7– паспортні дані трансформатора КТП-5 ТМГ-1000/10

Вид трансформатора	$S_{\text{ном}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$u_{\text{к}}, \%$	$\Delta P_{\text{к}}, \text{кВт}$
ТМГ -1000/10	1000	5,94	10,6

Розрахуємо активний та реактивний опори даних трансформаторів за наступними формулами:

$$X_{\text{к}} = \frac{u_{\text{к}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10}{S_{\text{ном}}}; \quad (13)$$

$$R_{\text{к}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \times U_{\text{розр}}^2 \times 10^3}{S_{\text{ном}}^2}; \quad (14)$$

де $X_{\text{к}}$ та $R_{\text{к}}$ – відповідно, реактивний та активний опори кожного трансформатору КТП;

$u_{\text{к}}$ – напруга короткого замикання кожного трансформатору КТП,

$\Delta P_{\text{к}}$ – втрати короткого замикання кожного трансформатору КТП,

$S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність кожного трансформатору КТП.

Запишемо розраховані значення для кожного трансформатора, з відповідними порядковими номерами КТП:

- перша черга:

$$X_{\text{к1}} = 7,746 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{к1}} = 1,167 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{к2}} = 7,653 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{к2}} = 1,167 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{к3}} = 7,878 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{к3}} = 1,406 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{к4}} = 7,945 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{к4}} = 1,406 \text{ Ом};$$

- друга черга:

$$X_{к5}=7,878\text{Ом};$$

$$R_{к5}=1,406\text{Ом};$$

Знайдемо активний та реактивний опір кабельної лінії за умови, що на СЕС1 кабель типу – ААБл-10-3×240 мм², а на СЕС2 – ААБл-10-3×185 мм².

$$X_{л1}=0,071\text{Ом};$$

$$R_{л1}=0,129\text{Ом};$$

$$X_{л2}=0,073\text{Ом};$$

$$R_{л2}=0,167\text{Ом};$$

При розрахунках опору всієї сонячної системи необхідно також враховувати потужності інверторів. При такій схемі підключення інвертори встановлюють на кожній КТП:

$$P_{ин1}=400\text{кВт};$$

$$P_{ин2}=800\text{кВт};$$

$$P_{ин3}=950\text{кВт};$$

$$P_{ин4}=950\text{кВт};$$

$$P_{ин5}=1000\text{кВт};$$

При розрахунках струмів короткого замикання розглянемо декілька варіантів приєднання.

Для розрахунку опору всієї сонячної системи знайдемо, для початку еквівалентний опір блоку інвертор-фотоелемент за формулою:

$$R_{ин-ф} = \frac{U_{розр}^2 \times 10^3}{P_{ин}}; \quad (15)$$

де $P_{ин}$ – потужність інвертора.

Запишемо розраховані значення для кожної КТП:

$$R_{ин-ф1}=331,576\text{Ом};$$

$$R_{ин-ф2}=165,788\text{Ом};$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{ін-}\phi 3}=139,611\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 4}=139,61\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 5}=132,63\text{Ом};$$

Знаходимо комплексні провідності СЕС1 за формулою:

$$\underline{Y}_k = \frac{1}{R_{\text{ін-}\phi} + R_k + j \times X_k}; \quad (16)$$

де $R_{\text{ін-}\phi}$ – еквівалентний опір блоку інвертор-фотоселемент;

X_k та R_k – відповідно, реактивний та активний опори кожного трансформатору КТП.

Запишемо отримані значення:

$$\underline{Y}_{k1}=0,003-j \times 0,00007\text{См};$$

$$\underline{Y}_{k2}=0,0059-j \times 0,00027\text{См};$$

$$\underline{Y}_{k3}=0,0071-j \times 0,0004\text{См};$$

$$\underline{Y}_{k4}=0,0071-j \times 0,0004\text{См};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС для СЕС1 за формулою:

$$\underline{E}_{\text{СЕС1}} = \frac{\frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}} \times \underline{Y}_{k1} + \frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}} \times \underline{Y}_{k2} + \frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}} \times \underline{Y}_{k3} + \frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}} \times \underline{Y}_{k4}}{\underline{Y}_{k1} + \underline{Y}_{k2} + \underline{Y}_{k3} + \underline{Y}_{k4}}; \quad (17)$$

$$\underline{E}_{\text{СЕС1}}=6,649+j \times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір СЕС1 за формулою:

$$\underline{Z}_{\text{СЕС1}} = R_{\text{л1}} + j \times X_{\text{л1}} \frac{1}{\underline{Y}_{k1} + \underline{Y}_{k2} + \underline{Y}_{k3} + \underline{Y}_{k4}}; \quad (18)$$

$$\underline{Z}_{\text{СЕС1}}=43,279+j \times 2,193\text{Ом};$$

За аналогією знаходимо еквівалентний повний опір СЕС2:

$$\underline{Z}_{\text{СЕС2}}=R_{\text{ін-}\phi 5}+R_{\text{л2}}+j \times X_{\text{л2}}+R_{\text{к5}}+j \times X_{\text{к5}}; \quad (19)$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\underline{Z}_{\text{CEC2}}=134,203+j\times7,951\text{Ом};$$

Тепер знайдемо еквівалентну ЕРС за умови, що в роботі знаходиться одразу перша і друга СЕС. Тобто, вони будуть підключені паралельно:

$$\underline{E}_{\text{CEC1-2}}=\frac{\frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC1}}}+\frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC2}}}}{\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC1}}}+\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC2}}}};$$
(20)

$$\underline{E}_{\text{CEC1-2}}=6,649+j\times0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір за формулою:

$$\underline{Z}_{\text{CEC1-2}}=\frac{1}{\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC1}}}+\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC2}}}};$$
(21)

$$\underline{Z}_{\text{CEC1-2}}=32,726+j\times1,727\text{Ом};$$

Після розрахунку можливих варіантів підключення СЕС знайдемо комплексний опір зовнішньої енергосистеми до точки к.з. на шинах 10 кВ:

$$\underline{Z}_{\text{зовн}}=R_{\text{сист10}}+j\times X_{\text{сист10}}+(R_{\text{в}}+j\times X_{\text{в}}+R_{\text{н}}+j\times X_{\text{н}});$$
(22)

де $R_{\text{сист10}}$ та $X_{\text{сист10}}$ – відповідно активний та реактивний опори системи зовнішнього живлення «Рудки», приведені до шин 10 кВ.

$$\underline{Z}_{\text{зовн}}=0,13+j\times0,954\text{Ом};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС при підключенні СЕС1 та СЕС2 до зовнішньої енергосистеми:

$$\underline{E}_{\text{екв}}=\frac{\frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC1-2}}}+\frac{U_{\text{розр}}}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\underline{Z}_{\text{зовн}}}}{\frac{1}{\underline{Z}_{\text{CEC1-2}}}+\frac{1}{\underline{Z}_{\text{зовн}}}};$$
(23)

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$\underline{E}_{\text{екв}} = 6,649 + j \times 0 \text{ кВ};$$

За аналогією знаходимо еквівалентний повний опір:

$$\underline{Z}_{\text{екв}} = \frac{1}{\frac{1}{\underline{Z}_{\text{СЕС1-2}}} + \frac{1}{\underline{Z}_{\text{зовн}}}}; \quad (24)$$

$$\underline{Z}_{\text{екв}} = 0,156 + j \times 0,945 \text{ Ом};$$

Після знаходження всіх опорів системи, можемо знайти струм короткого замикання при підключенні обох СЕС до шин 10 кВ:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(3)} = \frac{\underline{E}_{\text{екв}} \times 1000}{\underline{Z}_{\text{екв}}}; \quad (25)$$

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(3)} = 1134 - j \times 6851 \text{ А};$$

Для порівняння знаходимо струм зовнішньої енергосистеми без підключення СЕС:

$$\underline{I}_{\text{к_зовн}}^{(3)} = \frac{U_{\text{розр}} \times 1000}{\sqrt{3} \times [R_{\text{сист10}} + j \times X_{\text{сист10}} + (R_{\text{в}} + j \times X_{\text{в}} + R_{\text{н}} + j \times X_{\text{н}})]}; \quad (26)$$

$$\underline{I}_{\text{к_зовн}}^{(3)} = 931,787 - j \times 6841 \text{ А};$$

Для перевірки чутливості пристроїв релейного захисту та автоматики розрахуємо струми двофазного к.з.

При двофазному короткому замиканні струм ушкодження проходить тільки в двох замкнутих фазах. Їх величини рівні між собою, а вектори зміщені на 180° . Такі короткі замикання складають приблизно 20% від усіх видів к.з.

Розрахуємо струм двофазного к.з. при підключенні обох СЕС до шин 10 кВ за формулою:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(2)} = \frac{\sqrt{3} \underline{I}_{\text{к}}^{(3)}}{2}; \quad (27)$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\underline{I}_x^{(2)} = 802,14 - j \times 4845 \text{ A};$$

2. Розглянемо другий варіант приєднання. Підключаємо СЕС до шин 35 кВ. Живлення іде зі сторони «Рудки».

Знаходимо опори усіх елементів системи з урахуванням зовнішньої напруги енергосистеми, приведеної до $U_{\text{розр}} = 40,04 \text{ кВ}$

Знайдемо реактивний опір за формулами (4) – (6):

- для ГПТ зі сторони «Рудки»

$$X_B = 5,166 \text{ Ом};$$

$$X_H = 3,13 \text{ Ом};$$

$$X_{CH} = 0,025 \text{ Ом};$$

Знаходимо активний опір за формулами (10) – (12):

- для ГПТ зі сторони «Рудки»

$$R_B = 0,249 \text{ Ом};$$

$$R_H = 0,154 \text{ Ом};$$

$$R_{CH} = 0,154 \text{ Ом};$$

Розрахуємо устаткування, що підключені до СЕС.

Розрахуємо активний та реактивний опори трансформаторів за формулами (13) – (14):

- перша черга:

$$X_{K1} = 93,627 \text{ Ом};$$

$$R_{K1} = 14,108 \text{ Ом};$$

$$X_{K2} = 92,505 \text{ Ом};$$

$$R_{K2} = 14,108 \text{ Ом};$$

$$X_{K3} = 95,23 \text{ Ом};$$

$$R_{K3} = 16,994 \text{ Ом};$$

$$X_{K4} = 96,032 \text{ Ом};$$

$$R_{к4}=16,994\text{Ом};$$

- друга черга:

$$X_{к5}=95,23\text{Ом};$$

$$R_{к5}=16,994\text{Ом};$$

Знайдемо активний та реактивний опір кабельної лінії приведені до коефіцієнту трансформації:

$$X_{л1}=0,00796\text{Ом};$$

$$R_{л1}=0,014\text{Ом};$$

$$X_{л2}=0,00818\text{Ом};$$

$$R_{л2}=0,019\text{Ом};$$

Еквівалентний опір блоку інвертор-фотоелемент запишемо для кожної КТП:

$$R_{ін-ф1}=4008\text{Ом};$$

$$R_{ін-ф2}=2004\text{Ом};$$

$$R_{ін-ф3}=1688\text{Ом};$$

$$R_{ін-ф4}=1688\text{Ом};$$

$$R_{ін-ф5}=1603\text{Ом};$$

Знаходимо комплексні провідності СЕС1 за формулою (16):

$$\underline{Y}_{к1}=2,485\times 10^{-4}-j\times 5,784\times 10^{-6}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к2}=4,945\times 10^{-4}-j\times 2,267\times 10^{-5}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к3}=5,848\times 10^{-4}-j\times 3,267\times 10^{-5}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к4}=5,848\times 10^{-4}-j\times 3,295\times 10^{-5}\text{См};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС для СЕС1:

$$\underline{E}_{СЕС1}=23,117+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір СЕС1:

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\underline{Z}_{\text{CEC1}}=521,602+j\times 25,662\text{Ом};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір CEC2:

$$\underline{Z}_{\text{CEC2}}=1620+j\times 95,238\text{Ом};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС за умови, що в роботі знаходиться одразу перша і друга СЕС:

$$\underline{E}_{\text{CEC1-2}}=23,117+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір:

$$\underline{Z}_{\text{CEC1-2}}=394,755+j\times 23,534\text{Ом};$$

Після розрахунку можливих варіантів підключення СЕС знайдемо комплексний опір зовнішньої енергосистеми до точки к.з. на шинах 35 кВ:

$$\underline{Z}_{\text{зовн}}=1,412+j\times 8,191\text{Ом};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС при підключенні CEC1 та CEC2 до зовнішньої енергосистеми:

$$\underline{E}_{\text{екв}}=23,117+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір:

$$\underline{Z}_{\text{екв}}=1,724+j\times 8,145\text{Ом};$$

Після знаходження всіх опорів системи, можемо знайти струм короткого замикання при підключенні обох СЕС до шин 35 кВ:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(3)}=575,047-j\times 2716\text{А};$$

Для порівняння знаходимо струм зовнішньої енергосистеми без підключення СЕС:

$$\underline{I}_{\text{к зовн}}^{(3)}=517,361-j\times 2715\text{А};$$

Розрахуємо струм двофазного к.з. при підключенні обох СЕС до шин 35 кВ за формулою:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(2)}=400,62-j\times 1921\text{А};$$

3. Розглянемо третій варіант приєднання. Підключаємо СЕС до шин 110 кВ. Живлення іде зі сторони «Рудки»

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		34

Знаходимо опори усіх елементів системи з урахуванням зовнішньої напруги енергосистеми, $U_{\text{розр}}=120,4\text{кВ}$

Знайдемо реактивний опір за формулами (4) – (6):

- для ГПТ зі сторони «Рудки»

$$X_{\text{в}}=48,367\text{Ом};$$

$$X_{\text{н}}=28,946\text{Ом};$$

$$X_{\text{сн}}=-0,966\text{Ом};$$

Знаходимо активний опір за формулами (10) –(12):

- для ГПТ зі сторони «Рудки»

$$R_{\text{в}}=2,261\text{Ом};$$

$$R_{\text{н}}=1,567\text{Ом};$$

$$R_{\text{сн}}=1,362\text{Ом};$$

Розрахуємо устаткування, що підключені до СЕС.

Розрахуємо активний та реактивний опори трансформаторів за формулами (13) – (14):

- перша черга:

$$X_{\text{к1}}=846,576\text{Ом};$$

$$R_{\text{к1}}=127,566\text{Ом};$$

$$X_{\text{к2}}=836,428\text{Ом};$$

$$R_{\text{к2}}=127,566\text{Ом};$$

$$X_{\text{к3}}=861,072\text{Ом};$$

$$R_{\text{к3}}=153,659\text{Ом};$$

$$X_{\text{к4}}=868,32\text{Ом};$$

$$R_{\text{к4}}=153,659\text{Ом};$$

- друга черга:

$$X_{\text{к5}}=861,072\text{Ом};$$

$$R_{\text{к5}}=153,659\text{Ом};$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Знайдемо активний та реактивний опір кабельної лінії приведені до коефіцієнту трансформації:

$$X_{л1}=7,76\text{Ом};$$

$$R_{л1}=14,099\text{Ом};$$

$$X_{л2}=7,979\text{Ом};$$

$$R_{л2}=18,253\text{Ом};$$

Еквівалентний опір блоку інвертор-фотоелемент запишемо для кожної КТП:

$$R_{\text{ін-}\phi 1}=36240\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 2}=18120\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 3}=15259\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 4}=15259\text{Ом};$$

$$R_{\text{ін-}\phi 5}=14496\text{Ом};$$

Знаходимо комплексні провідності СЕС1 за формулою (16):

$$\underline{Y}_{к1}=2,748\times 10^{-5}-j\times 6,397\times 10^{-7}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к2}=5,469\times 10^{-5}-j\times 2,507\times 10^{-6}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к3}=6,468\times 10^{-5}-j\times 3,613\times 10^{-6}\text{См};$$

$$\underline{Y}_{к4}=6,468\times 10^{-5}-j\times 3,644\times 10^{-6}\text{См};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС для СЕС1:

$$\underline{E}_{\text{СЕС1}}=69,513+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір СЕС1:

$$\underline{Z}_{\text{СЕС1}}=4730+j\times 239,721\text{Ом};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір СЕС2:

$$\underline{Z}_{\text{СЕС2}}=14670+j\times 869,051\text{Ом};$$

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		36

Знайдемо еквівалентну ЕРС за умови, що в роботі знаходиться одразу перша і друга СЕС:

$$\underline{E}_{\text{СЕС1-2}}=69,513+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір:

$$\underline{Z}_{\text{СЕС1-2}}=3581+j\times 266,05\text{Ом};$$

Після розрахунку можливих варіантів підключення СЕС знайдемо комплексний опір зовнішньої енергосистеми до точки к.з. на шинах 110 кВ:

$$\underline{Z}_{\text{зовн}}=10,38+j\times 26,99\text{Ом};$$

Знайдемо еквівалентну ЕРС при підключенні СЕС1 та СЕС2 до зовнішньої енергосистеми:

$$\underline{E}_{\text{екв}}=69,513+j\times 0\text{кВ};$$

Знаходимо еквівалентний повний опір:

$$\underline{Z}_{\text{екв}}=10,539+j\times 26,821\text{Ом};$$

Після знаходження всіх опорів системи, можемо знайти струм короткого замикання при підключенні обох СЕС до шин 110 кВ:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(3)}=882,187-j\times 2245\text{А};$$

Для порівняння знаходимо струм зовнішньої енергосистеми без підключення СЕС:

$$\underline{I}_{\text{к_зовн}}^{(3)}=862,881-j\times 2244\text{А};$$

Розрахуємо струм двофазного к.з. при підключенні обох СЕС до шин 110 кВ за формулою:

$$\underline{I}_{\text{к}}^{(2)}=623,801-j\times 1588\text{А};$$

4. Аналіз зміни величини стуму к.з. при збільшенні потужності СЕС.

На основі вище наведених даних, можливо зробити розрахунок та аналіз при можливості збільшення потужності СЕС. Для прикладу приведемо розрахунок для потужностей до 300 МВт.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Побудуємо графіки залежності струму к.з. при різних варіантах приєднання та при різних видах живлення.

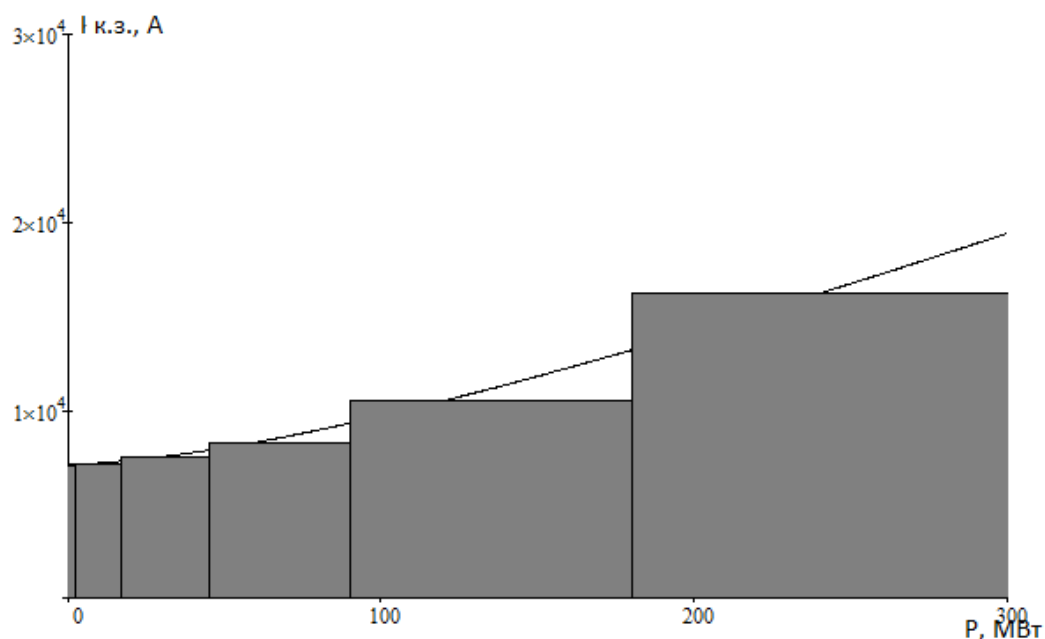


Рис 5. залежність трифазного струму к.з. при приєднанні СЕС різної потужності до шин 10 кВ, при живленні зі сторони «Рудки»

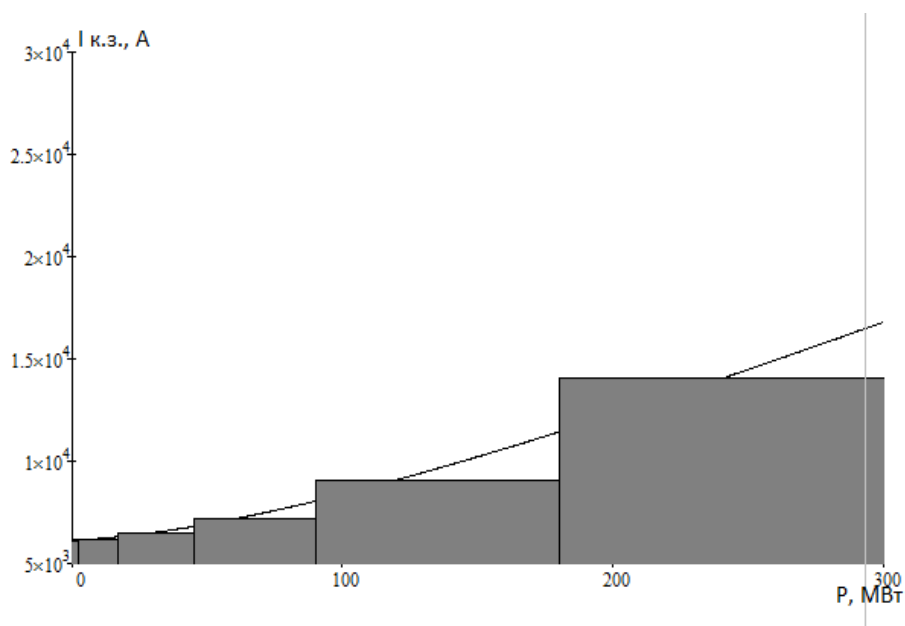


Рис 6. Залежність двофазного струму к.з. при приєднанні СЕС різної потужності до шин 10 кВ, при живленні зі сторони «Рудки»

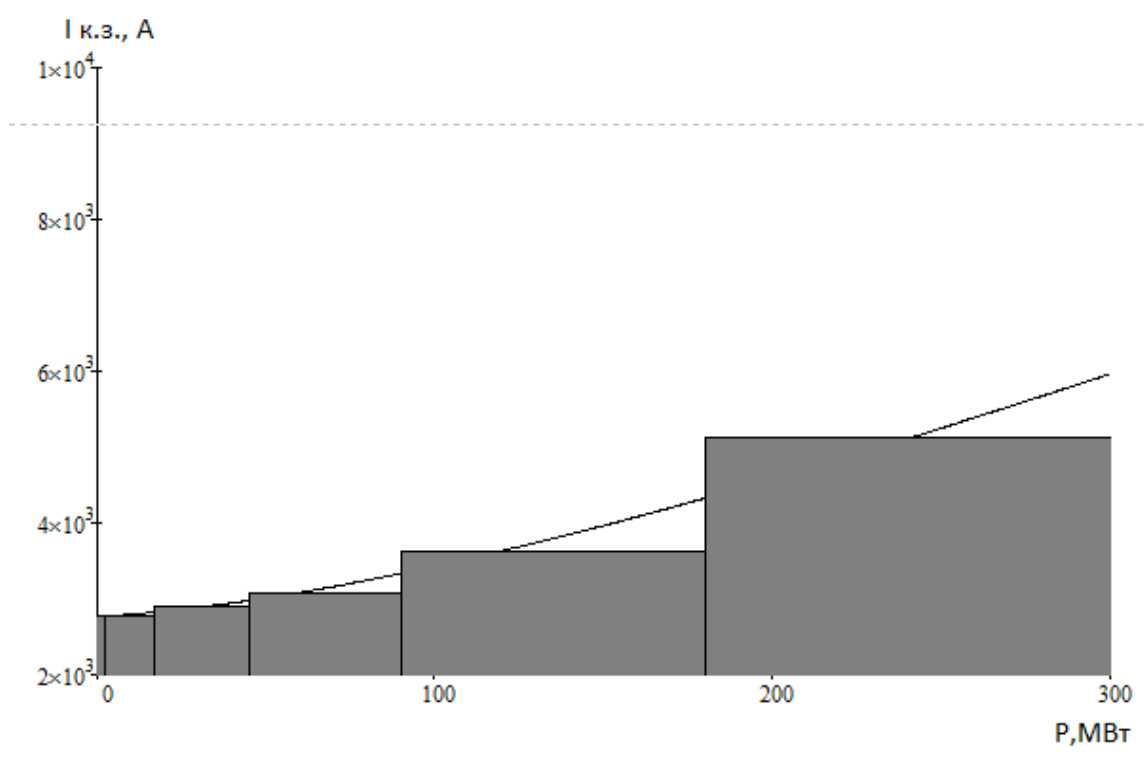


Рис 7. Залежність трифазного струму к.з. при приєднанні СЕС різної потужності до шин 35 кВ, при живленні зі сторони «Рудки»

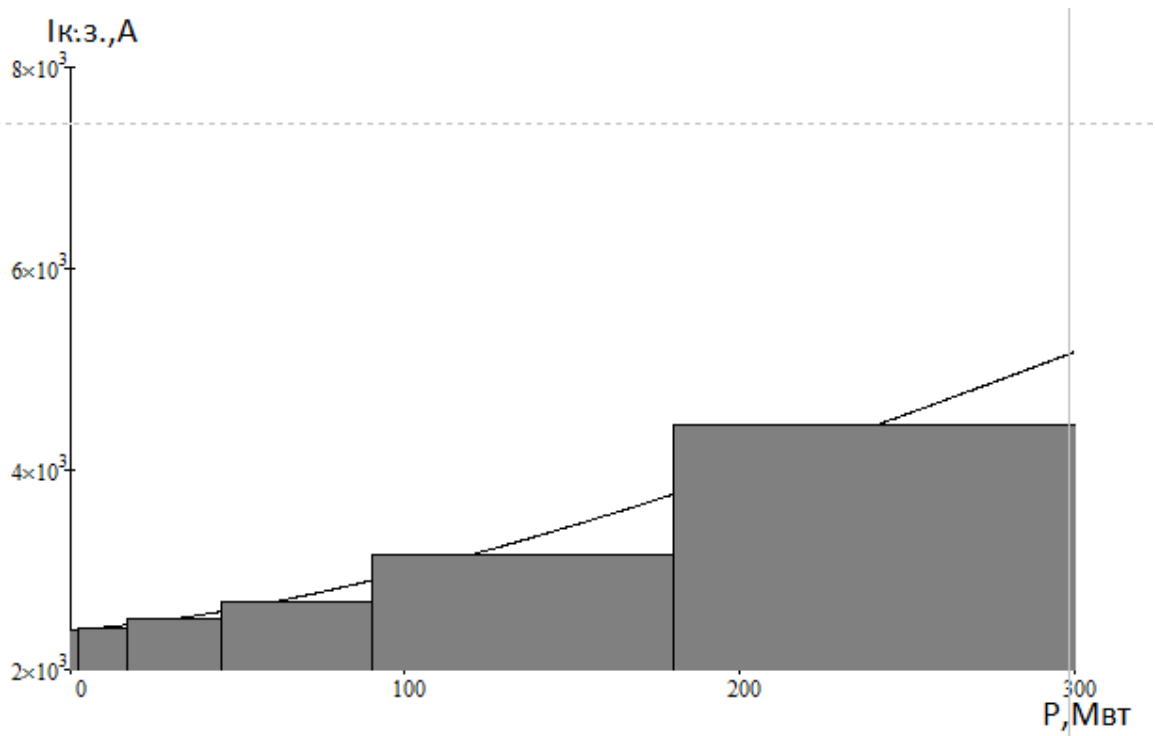


Рис 8. Залежність двофазного струму к.з. при приєднанні СЕС різної потужності до шин 35 кВ, при живленні зі сторони «Рудки»

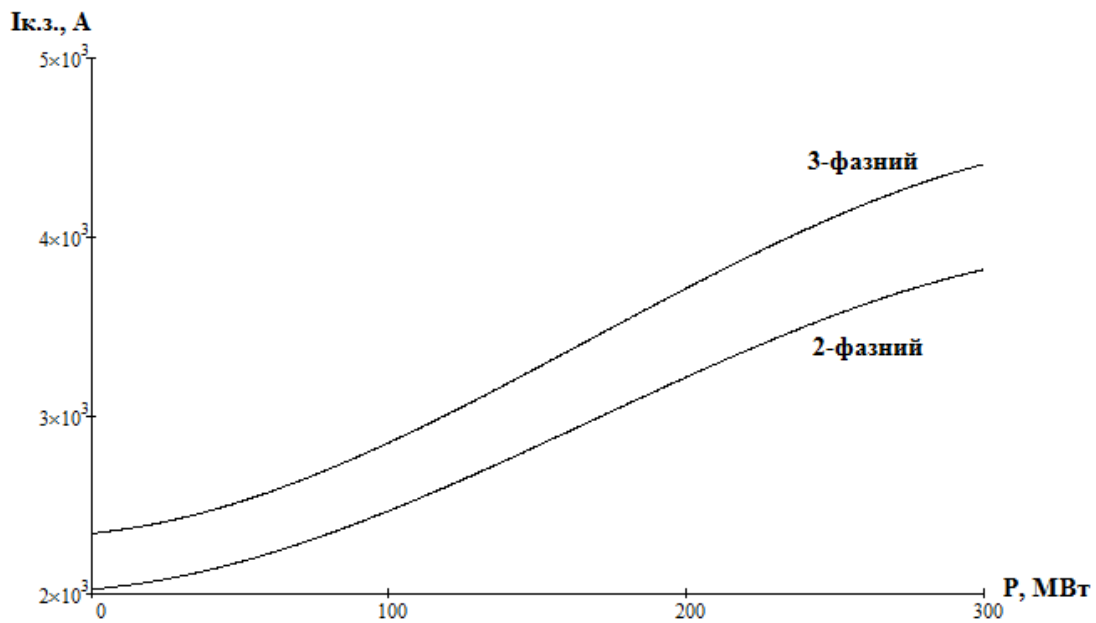


Рис 9. Графік залежності трифазного та двофазного струму к.з. при приєднанні СЕС різної потужності до шин 110 кВ, при живленні зі сторони «Рудки»

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

3.1 Охорона праці

Проектні рішення в обсязі даного робочого проекту забезпечують відповідність вимогам чинних нормативно-правових актів з охорони праці і техніки безпеки:

- НПАОП 1.1.10-1.02-01 «Правила безпечної експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій і теплових мереж»;
- «Правила улаштування електроустановок»;
- «Правила технічної експлуатації електростанцій і мереж».

Вибір технологічного обладнання і компоновочних рішень забезпечує:

- зручність і безпеку обслуговування обладнання;
- автоматизацію технологічних процесів;
- максимальне використання засобів механізації;
- створення комфортних умов праці.

Технічними рішеннями проекту передбачено дотримання вимог чинних нормативних документів в галузі охорони праці і техніки безпеки і зокрема забезпечується:

- для обслуговування основного і допоміжного обладнання можливість вільного доступу персоналу;
- обслуговування обладнання пересувними механізмами;
- всі вантажопідіймальні механізми повинні регулярно проходити регламентні перевірки;
- вільний доступ персоналу до арматури, приладів контролю;
- теплоізоляційний захист обладнання і трубопроводів при $t \geq 45^\circ\text{C}$ (СНиП 2.04.14-88);
- небезпечні для персоналу місця і зони мають стаціонарні огороження і настили, перильні огороження сходів і площадок.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом передбачається заземлення. Все електрообладнання має захищене виконання, що виключає можливість безпосереднього контакту персоналу до відкритих струмопровідних елементів, а також заземлення шляхом під'єднання до існуючого контуру заземлення.

Крім того, корпуси електрообладнання, які в нормальних умовах не знаходяться під напругою, нульовим провідником до заземлюючого контакту щита живлення.

Передбачається також освітлення всіх затемнених приміщень, проходів, сходових кліток і площадок.

Розрахункову освітленість прийнято у відповідності із вказівками ДБН В2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення».

Медичне обслуговування персоналу здійснюється медичними закладами загального користування. Харчування працівників передбачається в існуючих закладах громадського харчування.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Заходи з електробезпеки

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу і запобігання пошкодження технологічного обладнання конструкцією кожного елементу сонячної електростанції передбачено комплекс заходів і відповідні системи попередження і захисту, до яких відноситься:

- застосування відповідного захищеного електротехнічного обладнання;
- система заземлення;
- система блискавкозахисту.

Для захисту людей від ураження електричним струмом передбачається захисне заземлення, захисне відключення та вирівнювання потенціалів.

Приймаючи до уваги особливості компоновки обладнання сонячної електростанції, проектом передбачена децентралізована система заземлення, яка захищає від ураження електричним струмом при ударі блискавки та пошкодженні ізоляції електрообладнання.

З метою захисту або мінімізації впливу на електротехнічні, електронні системи і підсистеми та елементи електростанції і забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, при проектуванні передбачені відповідні заходи по блискавкозахисту.

Основні технічні рішення з електробезпеки наведені в розділі 7 даної пояснювальної записки.

3.3 Протипожежні заходи

В складі I-ої черги Самбірської СЕС-2 передбачено використання обладнання, в якому не використовуються вибухонебезпечні, легкозаймисті і горючі матеріали. Силові і контрольні кабелі не поширюють горіння.

На промайданчику I-ої черги Самбірської СЕС-2 стаціонарна система пожежогасіння не передбачена. Пожежна охорона всіх споруд електростанції у відповідності до Закону України «Про пожежну безпеку», ДБН 360-92*, СНиП-89-80*, ГОСТ 12.1.004-91, ГОСТ 12.4.009-83.

Загальна концепція, згідно якої в конструкції обладнання сонячної електростанції розроблена система протипожежного захисту, передбачає наступні заходи:

- **пасивні** – застосування протипожежних заходів з використанням перегородок та/чи дистанціювання для обмеження границь пожежі;
- **індивідуальні** – використання первинних засобів протипожежного захисту.

Для пожежогасіння застосовується продукція протипожежного призначення, сертифікована в Україні.

3.4 Пасивні засоби протипожежного захисту

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42

Територіальне розташування обладнання на промайданчику сонячної електростанції забезпечує протипожежні розриви між окремими установками.

На промайданчику сонячної електростанції передбачено влаштування постійних доріг з ґрунтовим покриттям для під'їзду до кожного основного обладнання.

У відповідності з додатком 2 «Правил пожежної безпеки в Україні» НАПБ А.01.001-04 в даному проекті передбачено оснащення I-ої черги Самбірської СЕС-2 первинними засобами пожежогасіння.

На території електростанції встановлюються пожежні щити (стенди) з розрахунку один щит на площу 5 000 м². Всього на промайданчику встановлюється 7 пожежних щитів.

В комплект засобів пожежогасіння, які розміщуються на кожному пожежному щиті, включається:

- вогнегасники.....3 шт.;
- ящик з піском.....1 шт.;
- покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу розміром 2×2 .. 1 шт.;
- гаки.....3 шт.;
- лопати.....2 шт.;
- ломы.....2 шт.;
- сокири.....2 шт.

Тип вогнегасників визначається у відповідності з «Типовими нормами належності вогнегасників», затверджених наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 02.04.2004 р. №151.

В службовому корпусі, площа якого не перевищує 100 м², у відповідності з таблицею 3 «Типових норм належності вогнегасників», передбачено розташування тринадцяти переносних вуглекислотних вогнегасників із зарядом вогнегасної речовини 3,5 кг.

Технічні рішення по пожежогасінню комплектної трансформаторної підстанції КТП-1000 розробляються їх виготовником.

3.5 Захист будівельних споруд від корозії

Проектом передбачається захист всіх металевих деталей і зварних з'єднань антикорозійним покриттям, склад і способи нанесення яких визначаються відповідно до вимог СНиП 3.04.03-85, СНиП 2.03.11-85 та ДБН В.2.6-14-97.

Металеві конструкції та елементи фундаменту фарбуються з метою їх захисту від атмосферного впливу.

Конструктивні елементи і складові частини обладнання сонячної електростанції заводської поставки захищаються від атмосферного впливу на підприємстві-виготовлювачі по спеціальній технології.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.6 Коротка характеристика сонячної електростанції

Особливістю процесу виробництва електричної енергії на сонячній електростанції є відсутність використання будь-яких видів палива, хімічно активних, токсичних і небезпечних речовин, мастильних матеріалів, посудин, що працюють під тиском, трубопроводів пари та гарячої води.

В складі обладнання сонячної електростанції передбачається встановлення електротехнічного обладнання напругою до 10 кВ і використання мобільних вантажопідіймальних механізмів.

Особливістю I-ої черги Самбірської СЕС-2 є її розташування поза межами житлової забудови і робота в автоматичному режимі без постійного перебування обслуговуючого персоналу в технологічних спорудах і на проммайданчику.

Об'єктами підвищеної небезпеки на проммайданчику сонячної електростанції можуть бути елементи, які знаходяться під напругою.

3.7 Захист від небезпечних природних і техногенних чинників

Проектування споруд I-ої черги Самбірської СЕС-2 виконувалося з врахуванням чинних в Україні норм і правил, сейсмічності району 6 балів, геологічних та гідрогеологічних умов, а також нормативних і фактичних умов кліматології (снігове і вітрове навантаження, температура, опади та ін.).

Будівельні конструкції і обладнання сонячної електростанції виготовляються із морозостійких матеріалів. Для систем охолодження не застосовуються речовини, які можуть замерзати при низьких температурах.

Споруди електростанції не потребують додаткових заходів щодо захисту від небезпечних природних чинників.

Не передбачається також застосування шкідливих техногенних чинників, що не призводить до погіршення екологічної обстановки в районі розташування Самбірської сонячної електростанції завдяки чому не вимагається застосування спеціальних додаткових заходів (крім передбачених інструкцією самого обладнання) щодо захисту об'єкту від виливу цих чинників.

Сонячна електростанція повинна бути негайно відключена і зупинена дією автоматичних захистів або експлуатаційним персоналом в наступних випадках:

- перевищення температури контрольованих вузлів понад допустиме значення;
- виникнення коротких замикань у системі генерування;
- перевантаження елементів понад допустимі значення;
- виникнення ситуації, небезпечної для обслуговуючого персоналу;
- при несприятливих зовнішніх умовах, у разі несправностей системи діагностики, технологічних і електричних захистів, у випадку сейсмічних та інших природних впливів (обледеніння, град, снігопад), які не перевищують допустимі показники, наведені в заводській документації.

Можливість виникнення та розвитку аварій, які б могли стати ризиком для обслуговуючого персоналу і місцевого населення, залежить від ряду

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

факторів та збігу обставини. До специфічних факторів ризику для здоров'я і безпеки населення, характерних для об'єктів сонячної енергетики відноситься, в основному, несанкціоновані дії сторонніх осіб в охоронних зонах.

Аварійні ситуації можуть виникати при несанкціонованому доступі сторонніх осіб на охоронну зону сонячної електростанції. Для зниження фактору ризику отримання травм або виникнення інших небезпечних ситуацій при несанкціонованому доступі на охоронні зони і до споруд електростанції проектом передбачено влаштування огорожі по периметру, системи відеоспостереження, сигналізації і освітлення по периметру проммайданчика.

При несприятливих метеорологічних умовах (сильні вітри та високі температури навколишнього повітря) в поєднанні з сухою рослинністю існує потенційний ризик виникнення пожежі. Пожежу може спричинити коротке замикання, недостатнє або неякісне технічне обслуговування обладнання, блискавка. Прийняті в проекті обладнання і матеріали сонячної електростанції відповідають міжнародним стандартам, тому фактор ризику виникнення такої надзвичайної ситуації мінімальний.

Виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру можливе у зв'язку з землетрусом або штормовим посиленням вітру. Усе це може призвести до аварії основного та допоміжного обладнання, виникнення пожежі.

У випадку надзвичайної ситуації (пожежа або загоряння) необхідне застосування негайних заходів для запобігання розвитку аварії, забезпечення безпеки людей, збереження обладнання і відновлення нормального режиму роботи.

На сонячній електростанції після вводу її в експлуатацію повинен бути розроблений план локалізації і ліквідації аварійних ситуацій та аварій (ПЛАС), узгоджений з Державними установами з нагляду за охороною праці, управлінням з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення, установами пожежного нагляду, СЕС.

3.8 Заземлення

Для захисту людей від ураження електричним струмом передбачається захисне заземлення, захисне відключення та вирівнювання потенціалів.

Система заземлення I-ої черги Самбірської сонячної електростанції складається з окремих заземлюючих контурів (див. рисунок 5.4.6).

Приймаючи до уваги особливості компоновки обладнання вітроелектростанції, проектом передбачена децентралізована система заземлення, яка захищає від ураження електричним струмом при ударі блискавки та пошкодженні ізоляції електрообладнання. Система заземлення розраховується по допустимому опорі, який не повинен перевищувати 4 Ом.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

Заземлення струмопровідних частин світильників, металевих корпусів стаціонарних електроспоживачів виконується шляхом їх приєднання до захисного РЕ провідника лінії електропостачання.

Вирівнювання потенціалів досягається приєднанням до головної заземлюючої шини металевих трубопроводів, будівельних металоконструкцій, заземлювачів блискавкозахисту, заземлюючих РЕ та PEN провідників і провідників внутрішнього та зовнішнього заземлення.

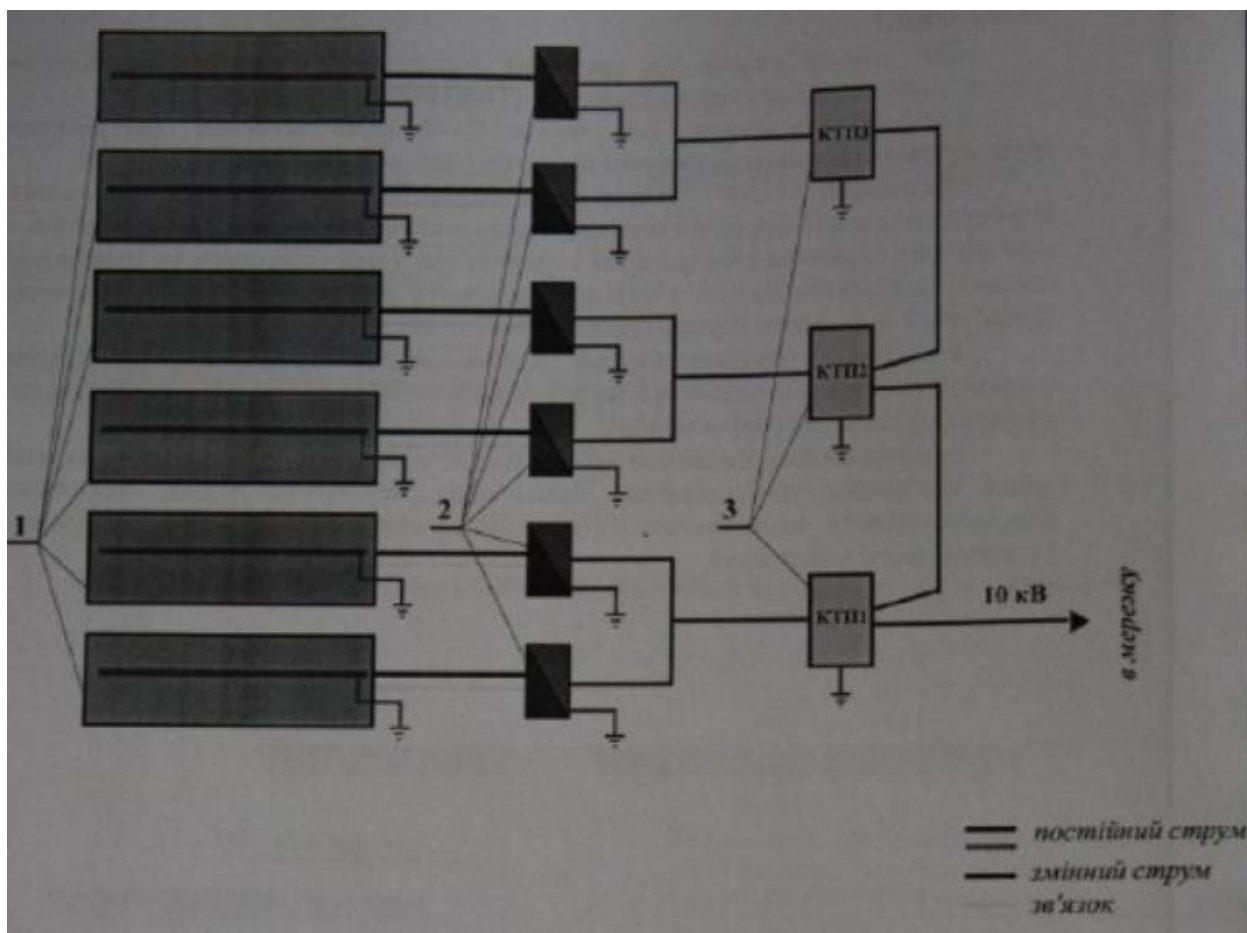


Рис. 10. Принципова схема заземлення на проммайданчику сонячної електростанції I-ої черги ї СЕС-2

1 – блок генерації постійного струму; 2- інвентор; 3 – трансформаторна підстанція; 4 заземлюючий пристрій

3.9 Блискавкозахист

З метою захисту або мінімізації впливу на електротехнічні, електронні системи і підсистеми та елементи сонячної електростанції і забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, при проектуванні передбачені відповідні заходи по блискавкозахисту.

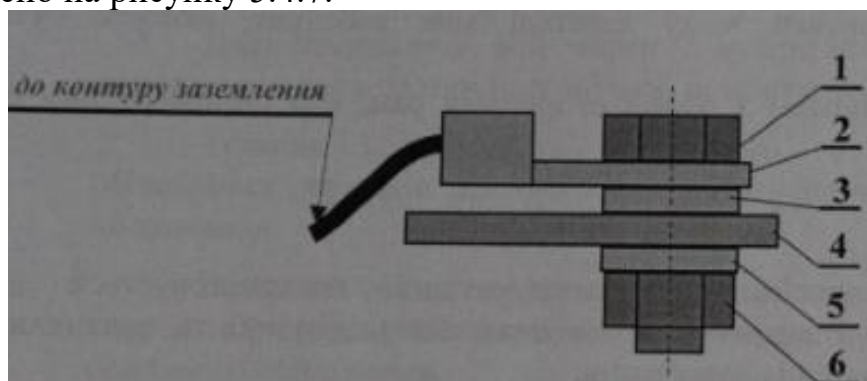
Захист від прямих ударів блискавки виконується у відповідності з нормативними вимогами, що враховують категорію блискавкозахисту для окремих споруд.

Система блискавкозахисту призначена для захисту обладнання електростанції від пошкоджень, викликаних ударами блискавки. Система блискавкозахисту складається з п'яти основних частин:

- блискавкоприймачів;
- системи для передачі струму блискавки до системи заземлення;
- захисту від перенапруги і перевантаження по струму;
- системи екранування від магнітних і електричних полів;
- системи заземлення.

Блискавкозахист трансформаторних підстанцій, інверторів і фотоелектричних панелей здійснюється приєднанням металевих частин обладнання до заземлюючого пристрою. Опір заземлюючих пристроїв в будь-яку пору року не повинен перевищувати 4 Ом.

У відповідності з вимогами компанії «SUNOWE», фотоелектричні модулі, які встановлюються на відкритому просторі повинні бути забезпечені системою блискавкозахисту. При цьому повинні бути дотримані всі відповідні норми (такі як DIN EN 62305 VDE V 0185-305 і особливо DIN EN 62305-3 Додаток 5 «Protection of PV power supply systems against lightning and excessive voltage» – «Захист фотоелектричних систем від блискавки і перенапруги»). Приєднання фотоелектричного модуля до заземлення готується на заводі. Загальний вигляд приєднання до системи заземлення наведено на рисунку 5.4.7.



- 1 – болт;
- 2 – вушко подібна система;
- 3 – шайба зубчаста;
- 4 – корпус фотоелектричного модуля з отвором для заземлення;
- 5 – шайба фіксуюча;
- 6 – гайка

Рис. 11. Ескіз загального вигляду приєднання до системи заземлення

Система зовнішнього блискавкозахисту включає наступні основні елементи:

- вловлюючі пристрої;
- провідники;
- пристрої заземлення.

Вловлюючими пристроями, якими обладнано агрегати сонячної електростанції, є блискавкоприймачі.

Заземлюючі електроди виготовляються із сталевго прута з нержавіючої сталі діаметром не менше 30×3 мм. Опір заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.

Фундаментні заземлюючі електроди є достатнім захисним заходом при питомому опорі ґрунту не більше 200 Ом. При більшому питомому опорі ґрунту необхідне влаштування кільцевого заземлюючого електроду навколо фундаменту.

З'єднання в системі блискавкозахисту виконуються за допомогою зварювання та болтового кріплення.

Спеціальний захист передбачається для електричних і електронних систем, чутливих до атмосферних електричних розрядів. До спеціального способу захисту відноситься екранування, еквіпотенціальні з'єднання провідних частин та окремі пристрої захисту від імпульсних перенапруг.

В якості екранування використовуються металеві контейнери, металеві дахи, сталеві каркаси та металеві решітки. З'єднані між собою та приєднані до зовнішньої системи блискавкозахисту, вони утворюють екран від проникнення електромагнітного поля розряду. Додатково використовуються екрани кабелів, металеві труби, металеві корпуси коробів.

Локальне екранування

Металеві елементи обладнання утворюють локальне сітчатє екранування, яке має незначний ефект.

Екранування всередині корпусів обладнання реалізоване за рахунок замкнутих металевих рам і металевих площин або за допомогою металевих корпусів пристроїв.

Прокладка та екранування кабелів

Магнітне поле, утворене в результаті удару блискавки, редукується тільки за рахунок локального екранування зони блискавкозахисту. Інші напруги і струми, які індукуються в електричних та електронних системах редукуються за допомогою локального екранування, кабельного екранування або комбінацією цих заходів.

Мережі силових і контрольних кабелів всередині та між сітковими з'єднуючими мережами (MESH-BN) безпосередньо приєднуються до загальної мережі (CBN).

Силові кабелі змінного струму і контрольні кабелі прокладаються окремо. Всі кабелі є екранованими, завдяки чому відстані між кабелями можуть бути мінімальними.

Екрани з'єднані як мінімум з обома сторонами рам, або безпосередньо до CBN.

3.10. Власні потреби

Електрична енергія на сонячній електростанції використовується для живлення механізмів власних потреб, систем опалення (підігріву) та вентиляції, систем контролю та керування і для освітлення.

Живлення споживачів власних потреб забезпечується від однофазного трансформатора ОМП-10-10/0,23, 10 кВ, підключеного до лінії зв'язку з енергосистемою.

До споживачів власних потреб відносяться

- вентилятори систем вентиляції;
- приводи вимикачів;
- система освітлення, яка включає:
 - систему загороджувального освітлення;
 - систему внутрішнього освітлення території і службових приміщень.

Навантаження сонячної електростанції визначається інтенсивністю сонячного випромінювання і температурою. Номінальна потужність сонячної електростанції досягається при інтенсивності сонячного випромінювання $1\,000\text{ Вт/м}^2$ і температурі $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Можливі аварійні зупинки окремих елементів генеруючи блоків при перевищенні допустимих параметрів їх роботи, а також при втраті зв'язку з системою у випадку відключення обох ліній 10 кВ.

3.10.1. Обслуговування обладнання електростанції

Приймаючи до уваги високу ступінь автоматизації технологічних процесів на базі сучасних апаратурних засобів, чисельність обслуговуючого персоналу прийнята мінімально необхідною.

Для обладнання I-ої черги Самбірської сонячної електростанції-2 передбачається планово-попереджувальна система організації ремонтного обслуговування. Така технологія обслуговування агрегатів дозволить забезпечити досягнення високого коефіцієнту готовності обладнання і зменшити, таким чином, вимушені простой.

Терміни і тривалість ремонтного та експлуатаційного обслуговування обладнання сонячної електростанції установок приймаються згідно даних заводу-виготовлювача основного обладнання.

Ремонтне обслуговування іншого обладнання електростанції планується виконувати в ув'язці з термінами ремонтів основного обладнання.

Ремонт, а також роботи по модернізації і реконструкції обладнання виконується персоналом електростанції із залученням, у випадку необхідності, персоналу сервісного центру компанії-виготовника та персоналу підрядних організацій. При цьому передбачається застосування прогресивних методів організації ремонтних робіт (видача нормованих завдань, комплексна механізація, використання типових технологічних процесів і колективних форм організації праці).

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.10.2 Вплив на навколишнє середовище

При роботі електростанції, в зв'язку з відсутністю процесів використання палива і процесів хімічної підготовки води, на навколишнє середовище будуть впливати наступні фактори:

- аеродинамічне шумове навантаження за рахунок роботи трансформаторів;
- електромагнітний вплив.

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		50

ВИСНОВКИ

Обсяг виконаних у роботі досліджень дозволяє виконувати наведені нижче висновки.

1. На сьогодні енергетичне господарство залізниці України володіє практичним досвідом використання електричної енергії, відновлювальних джерел енергії і зокрема сонячної електроенергії.

Прикладом може служити Самбірська СЕС, яка інтегрована до СТЕ електрифікованої ділянки Львівської залізниці .

2. В той же час можна констатувати ,що на сьогодні обсяг генерованої для потреб електричної тяги електроенергії відновлювальних джерел складає поки що незначний відсоток від загального обсягу електроенергії, яка переробляється тяговими підстанціями СТЕ залізниць України.

3. На нашу думку з позиції забезпечення безперервності тягового електропостачання важливими є дослідження впливу потужності приєднаної до тягової підстанції СЕС на струми короткого замикання в розподільних установках цієї підстанції. З зазначеною метою нами було розроблено схему заміщення електротехнічного комплексу «тягова підстанція – СЕС» і шляхом максимального моделювання встановлені залежності змінних струмів трифазного та двофазного к.з на схемах 10кВ, 35кВ та 110кВ при збільшенні потужності приєднуваної СЕС

4. Результати розрахунків показують ,що в розглянутому діапазоні можливих потужностей СЕС збільшення струмів короткого замикання не перевищує максимальної відключаємої здатності вимикачів Встановлених на приєднання вказаних розподільчих установок.

5. Структурно з метою мінімізації впливу аварійних режимів СЕС на процес тягового електропостачання вважаємо доцільним здійснювати підключення сонячної електростанції до шин РУ-10кВ тягової підстанції опосередкованою через шини трансформаторної підстанції електропостачання району електричних мереж не тягових споживачів- . Така підключення має додаткову перевагу, де у разі відсутності тягового

навантаження потужність генерована в СЕС може бути використана живлення не тягових споживачів приєднаних до мережі 10кВ. при цьому відсутня необхідність транзиту електричної енергії до системи зовнішнього електропостачання через головний знижуючий трансформатор, що дозволяє

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		51

уникнути зайвих втрал електричної енергії у ньому та розвантажити відповідну обладнання від перетоків позначеної потужності

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Львівщина опановує сонячну енергію [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://www.radiosvoboda.org>
2. Сонячна електростанція на львівщині: в чому користь для місцевих мешканців [Електрон. ресурс] – Режим доступу: http://tvoemisto.tv/news/sonyachna_elektrostantsiya_na_lvivshchyni_v_c_homu_koryst_dlya_mistsevyh_meshkantsiv_76953.html
3. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/80561077.pdf>
4. Розрахунок параметрів обмоток силових трансформаторів, регулюємих під навантаженням [Електрон. ресурс] – Режим доступу: file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/zhups_2013_4_37.pdf
5. Закони України про альтернативні джерела енергії [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
6. Молниезащита и опасные факторы молний [Електрон. ресурс] – Режим доступу: http://www.arsan.com.ua/ru/molniezashchita/molniezashchita-i-opasnye-factory-molnij?gclid=CjwKCAiAiML-BRAAEiwAuWVggi6AmjuQsX0YE75WffVOA57RoOPMN4tyyahtbAdnp4eIrP5uL6bD9RoCZRAQAvD_BwE
7. Вимоги до вітрових та сонячних електростанцій при їхній роботі паралельно з об'єднаною енергетичною системою України [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://ua.energy/wp-content/uploads/2017/02/Vymogy-do-VES-ta-SES_2-red_08112017.pdf
8. Методи захисту обладнання від корозії та захист на стадії проектування [Електрон. ресурс] – Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23891/3/Metody_zahystu_obladn_vid_kor.pdf
9. Електробезпека [Електрон. ресурс] – Режим доступу: <http://pu.org.ua/5%20%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0.pdf>

10.Силовые трансформаторы [Электрон. ресурс] – Режим доступа:https://www.elec.ru/files/2019/02/23/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%81
[81](https://www.elec.ru/files/2019/02/23/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%81)

11. Розрахунок струмів короткого замикання [Електрон. ресурс] – Режим доступа:https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/feeem/9kulyk_modelyuvannya_zadach_hah_rozvytku_elektrsystem/4_2.htm

12. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем [Електрон. ресурс] – Режим доступа:<https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/%D0%A1%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%B0-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F.pdf>

13. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електрон. ресурс] – Режим доступа: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf>

14 . Про затвердження Інструкції з організації роботи органів державного пожежного нагляду [Електрон. ресурс] – Режим доступа:
http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE12354.html

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

1. Схема головних електричних з'єднань тягової підстанції
2. Принципова схема та основне обладнання сонячної електростанції
3. Розрахункові схеми заміщення для розрахунків струмів короткого замикання
4. Результати розрахунків
5. Висновки та рекомендації на основі виконаної роботи

					0024.ДМР20.10.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		55