Міністерство освіти і науки України

Тернопільський НАЦІОНАЛЬНИЙ технічний Університет

імені Івана Пулюя

[ЦЕНТР](http://tntu.edu.ua/?p=uk/structure/faculties/fpt) ПЕРЕПІДГОТОВКИ ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ

КАФЕДРА СИСТЕМ ЕЛЕКТРОСРОЖИВАННЯ ТА КОМП’ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЦІ

**ГОРОХІВСЬКИЙ МИХАЙЛО СТЕПАНОВИЧ**

УДК 621.311

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ**

 **СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРИЧНОЮ СТАНЦІЄЮ**

141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Автореферат**

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль

2018

|  |
| --- |
| Роботу виконано на кафедрі електричної інженерії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України |
| **Керівник роботи:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри електричної інженерії**Оробчук Богдан Ярославович,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,  |
| **Рецензент:** | кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв**Коноваленко Ігор Володимирович,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, |

Захист відбудеться 23 грудня 2018 р. о 09.00 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 36 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Микулинецька, 46, навчальний корпус № 7, ауд. 310

**ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ**

**Актуальність теми.** З моменту початку і розвитку енергетики простежувалася чітка закономір­ність: актуальними ставали ті напрямки енергетики, які забезпечували досить швидко прямий економічний ефект.

Однак в даний час обмеженість запасів вуглеводневого палива і екологічні проблеми змушують шукати нові види джерел енергії і, відповідно, нові техно­логії енергопостачання споживачів.

Реальною можливістю поліпшення техніко-економічних показників автоно­мних систем електропостачання є використання відновлюваних джерел енергії. Особливе місце тут належить сонячній енергетиці - сонячним фотоелектричним станціям (ФЕС), які використовують ефект прямого перетворення сонячного випромінювання в електроенергію..

Загально прийнято, що сонячні ФЕС працюють найкраще тоді, коли фото­елементи розташовані перпендикулярно напрямку сонячних променів. Стеження за Сонцем може привести до збільшення щорічного виробництва енергії на 10% взимку і на 40% влітку, в порівнянні з нерухомо закріпленими сонячними батареями (СБ). Стеження реалізується за допомогою монтажу СБ на рухомій платформі, що здійснює поворот за Сонцем. У разі використання рухомої плат­форми, перш за все, необхідно зіставити переваги зайвої енергії, отриманої завдяки стеженню за Сонцем, з вартістю монтажу і техобслуговування системи стеження, оскільки пристрої стеження - недешеві.

В даний час особливого значення набувають питання вивчення і вдоско­налення методик вибору обладнання та способи оптимізації систем електро­постачання, виконаних з використанням сонячних ФЕС.

В дипломній роботі акцентованого увагу на розробку керуючих систем, що забезпечують високу ефективність роботи автоматики і які потребують постій­ного вдосконалення - обладнання, способів, засобів і т.п. Щоб система управ­ління задовольняла всіх наявних вимоги необхідно враховувати вже наявні наукові досягнення і рішення.

У сфері електроенергетики сонячна електроенергія, способи її отримання, має велике дослідне і технологічне застосування. Ставиться завдання щодо під­вищення ККД за рахунок нових матеріалів і більш складної технологічної структури сонячних електростанцій. Для найбільш ефективного перетворення сонячної енергії в електричну можна застосовувати системи стеження за Сонцем - сонячні трекери. Кількість можливих варіантів щодо виконання трекерів і їх управління дуже велике. Однак для стабільної роботи потрібна автоматизована система, здатна аналізувати поточний стан обладнання і навколишнього середовища.

З точки зору енергоефективності сонячна електростанція повинна бути забезпечена максимальним сонячним світлом, але з точки зору цілісності кон­струкції вона повинна уникати сильних навантажень.

Розроблена система управління має можливість реалізації та використання в енергосистемах з сонячними електростанціями. У перспективі планується випробування такої системи управління на дослідному зразку електричної станції з системою стеження за Сонцем.

**Актуальність теми.** Розглянуті в дипломній роботі основи теорії сонячної енергетики, особливості конструкції, роботи, розрахунки основних парамет­рів сонячних фотоелектричних станцій, нові технічні рішення щодо моніторингу і передачі даних технічних параметрів та структурно-схемні варіанти систем електропостачання з використанням сонячних фотоелектричних станцій є актуа­льним аспектом щодо підвищення ефективності передпроектних робіт з розробки високоефек­тивних енергетичних систем електропостачання на базі сонячних ФЕС.

**Мета і задачі дослідження.** Метоюроботи є аналіз існуючих сучасних методів функціонального й тестового контролю пристроїв релейного захисту, впровадження їх в роботу трансформаторних підстанцій.

Для досягнення цієї мети поставлено наступні *задачі дослідження*:

1. Виконати огляд сучасних схем організації сонячних електростанцій та способів дистанційного керування ними.

2. Виконати дослідження систем моніторингу роботи фотоелектричних модулів та факторів, що впливають на їх роботу.

3. Розробити проект експериментальної мобільної станції моніторингу роботи фотоелектричних модулів.

4. Розробити статистичну модель роботи фотоелектричних модулів.

5. Розробити систему контролю і управління фотоелектричною станцією.

6. Розробити автоматизовану систему диспетчерського контролю фотоелек­тричною станцією.

**Об'єкт** **дослідження -** сонячна фотоелектрична станція.

**Предмет** **дослідження** – система моніторингу роботи фотоелектричних модулів та дистанційного керування фотоелектричною станцією.

**Наукова новизна** отриманих результатів полягає в розробленійстатисти­чній моделі роботи фотоелектричних модулів та запропонованій системі контролю і управління фотоелектричною станцією, що дозволяє здійснювати моніторинг роботи фотоелектричних модулів, контролювати основні характе­ристики сонячної електростанції спільно з температурою, вологістю, тиском повітря, швидкістю вітру, сумарною сонячною радіацією, що, в свою чергу, дозволяє підвищити ККД роботи ФЕС від 30 до 40%.

**Практична значущість роботи**.

1. Підвищення точності і достовірності технологічної інформації.
2. Підвищення ефективності обліку та аналізу енергоспоживання.
3. Зменшення обсягу переданого трафіку і передачі даних повільними і нестійкими каналами зв'язку.
4. Поліпшення умов праці і технологічної дисципліни, що істотно знижує ймовірність помилкових дій оперативного персоналу.

**Апробація.** Основні положення роботи і її результати доповідалися на VІІ Міжнарод­ній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 22 травня 2018 р. (Тернопіль 2018 р.)

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, 2 додатків, переліку посилань (27 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 118 сторінок, 14 таблиць, 41 рисунок.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано загальну характеристику роботи: стан розробки наукової проблеми й актуальність, мету і завдання роботи, об’єкт та предмет дослідження, описану наукову новизну і практичну значимість отриманих результатів.

**У першому розділі «Аналітична частина»** розглянуто способи перетво­рення сонячної енергії, виконано аналіз розвитку сонячної енергетики в Україні, аналіз схем організації сонячних електростанцій, досліджено стан виробництва сонячної енергетики в Україні та період окупності сонячних батарей.

*Сонячна електростанція* – це технічна споруда, що перетворює природну радіоактивність Сонця в електричну енергію. Те, у який спосіб сонячну енергію буде перетворено в електричну, залежить від конструкційних якостей електро­станції. Першість у сфері сонячної енергетики традиційно тримають країни Європи. Наприклад, в країнах Південної та Центральної Європи будівництво СЕС та використання фотоенергії дає 3% від загальної електрики. Нині можна спостерігати помітне зростання показників виробництва електроенергії за допомогою сонячних електростанцій та збільшення частки сонячної енергії в глобальній структурі всіх енергетичних джерел.

Існує два основних способи конвертації енергії Сонця.

1) *Фотоелектричний*, де в якості перетворювача застосовується кремній з домішками інших елементів.

2) *Фототермічний*, при якому теплоносій підігрівається до потрібної тем­ператури, а частина теплової енергії накопичується в теплових акумуля­торах.

В Україні річне надходження сонячного випромінювання перебуває на од­ному рівні з країнами, які активно використовують сьогодні сонячні колектори. Уся територія України придатна для розвитку систем теплопостачання з вико­ристанням сонячної енергії.

 З проведеного аналізу видно, що в Україні існує досить багато можли­вос­тей і передумов для будівництва сонячних електростанцій різного типу з окуп­ністю інвестицій менше 10 років. З урахуванням цього факту та інших відомих переваг сонячних електростанцій можна сміливо стверджувати, що привабли­вість сонячної енергетики в Україні з кожним днем зростатиме.

**У другому розділі «Науково-дослідна частина»** виконано дослідження система моніторингу роботи фотоелектричних модулів та факторів, що вплива­ють на їх роботу, розроблено модель експериментальної мобільної станції моні­торингу роботи фотоелектричних модулів, їх статистичну модель роботи, розроблено систему контролю і управління фотоелектричною станцією.

Для побудови адекватної методики прогнозування необхідно створити модель роботи ФМ з урахуванням впливу домінуючих факторів, а також провес­ти натурні випробування ФЕС і ФМ при одночасному моніторингу параметрів атмосфери і характеристик ФМ. Актуально вивчення впливу домінуючих факто­рів на енергетичні характеристики ФМ та ФЕС і, відповідно розробка пристроїв, що дозволяють проводити моніторинг роботи і управління ФМ при впливі кліма­тичних факторів.

Фактори, що впливають на роботу ФМ, можна розділити на дві групи:

- *апаратні*, обумовлені особливістю конструкції і технологією виготовлен­ня ФМ, кутом розміщення по відношенню до горизонту;

- *кліматичні*, зумовлені впливом різних кліматичних параметрів на вихідні енергетичні характеристики ФМ (наприклад, сонячна радіація, температура повітря, вологість, швидкість вітру, концентрація аерозолів).

На рис. 1 наведена блок-схема мобільної станції моніторингу роботи сонячної батареї.



Рисунок 1 - *Блок схема системи моніторингу роботи сонячної батареї*

Така станція дозволяє здійснювати моніторинг роботи фотоелектричних мо­дулів, контролювати основні характе­ристики сонячної електростанції спільно з температурою, вологістю, тиском повітря, швидкістю вітру, сумарною сонячною радіацією, що, в свою чергу, дозволяє підвищити ККД роботи ФЕС від 30 до 40%.

**У третьому розділі «Технологічна частина»** виконано дослідження мето­дів перетворення сонячної радіації в електричний струм, розроблено автомати­зовану систему диспетчерського контролю фотоелектричної станцієї та запропоновано варіант її реалізації.

Сучасна автоматизована система диспетчерського контролю та обліку енергоспоживання (АСДК) - це комплекс розподілених програмно-технічних засобів, який забезпечує збір даних з устаткування, встановленого на лініях електропередач, розподільчих та трансформаторних підстанціях, обробку та передачу зібраних даних в диспетчерські пункти головних офісів і філій електро­мережних компаній, а також реалізує функції диспетчерського управління обладнанням і моніторингу його стану.

Впровадження автоматизованої системи диспетчерського керування соняч­ною електростанцією забезпечує вирішення завдань енергозбереження та енергоефективності ПРаТ «Херсонобленерго» за рахунок:

1) підвищення точності і достовірності технологічної інформації;

2) ефективного обліку та аналізу енергоспоживання;

3) дистанційного диспетчерського управління розподіленими об'єктами (комірками, реклоузерами і ін.);

4) зменшення обсягу переданого трафіку і передачі даних повільними і нестійкими каналами зв'язку з гарантованою пріоритетною доставкою керуючих команд за рахунок обміну з контролером DevLink-С1000 телемеханічним каналом зв'язку;

5) своєчасного надання оперативному персоналу повної оперативної і архів­ної інформації про хід технологічного процесу, стан устатку­вання і технічних засобів управління (в тому числі і через Web-інтерфейс);

6) резервування каналів зв'язку рівня підстанції (Ethernet, GPRS);

7) технологічної сигналізації, що забезпечує повідомлення про виникнення порушень;

8) створення типових проектів підстанцій і реклоузера;

9) легкого масштабування системи силами замовника при збільшенні числа об'єктів, які будуть підключатися;

10) поліпшення умов праці і технологічної дисципліни, що істотно знижує ймовірність помилкових дій оперативного персоналу (дії персоналу реєструю­ться в оперативному електронному журналі).

**У четвертому розділі «Проектно-конструкторська частина»** проведено розрахунок уставок РЗА мережі 35 кВ, уставок пристроїв КРПЗ-35 кВ, уставок пристрою РС83-А2М ПС «Рубанівка»для приєднання КЛ-35 ФЕС та карт уста­вок пристроїв РЗА 35 кВ.

Розрахунок релейного захисту полягає у виборі робочих параметрів спра­цьо­вування (робочих уставок) як окремих реле, так і багатофункціональних прис­троїв захисту. У всіх існуючих і розроблюваних пристроях захисту повинна бути передбачена можливість плавного або ступінчастого зміни параметрів спрацьо­вування в певних межах. Але тільки правильний вибір і установка робочого пара­метру перетворюють «реле» в «релейний захист» конкретної електроустановки.

Для виконання розрахунку релейного захисту (вибір робочих характеристик і уставок) перш за все необхідні повні і достовірні місцеві вихідні дані, до яких відносяться:

- первинна схема мережі, що захищається і режими її роботи (із зазначенням, як створюються робочі та ремонтні режими - автоматично або неавтоматично);

- опір і ЕРС (або напруги) системи живлення для максимального і мінімаль­ного режимів її роботи (або потужності КЗ);

- режими заземлення нейтралей силових трансформаторів;

- параметри ліній, трансформаторів, реакторів і т.д .;

- значення максимальних робочих струмів ліній, трансформаторів;

- характеристики електроприймачів (особливо великих електродвигунів);

- типи і параметри вимірювальних трансформаторів струму і трансформа­торів напруги із зазначенням місць їх встановлення у схемі мережі та вимикачів;

- типи і параметри спрацьовування (уставки) існуючих пристроїв захисту і автоматики на суміжних елементах (як живлять, так і відходять);

- типи і принципові схеми пристроїв релейного захисту та автоматики, що підлягають розрахунку.

**У п’ятому розділі «Спеціальна частина»** виконано розрахунок струмів короткого замикання та проведено розрахунок захистів від однофазних замикань на землю в КРПЗ-35.

Розрахунки струмів короткого замикання (КЗ) здійснюються для вибору або перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору або перевірки уставок релейного захисту та автоматики.

В дипломній роботі було розглянуто шляхи розв’язання першої задачі, де потрібно вміти визначати струм КЗ, який підтікає до місця пошкодження, а в деяких випадках також розподіл струмів у вітках схеми, які безпосередньо прилягають до нього. При цьому основна мета розрахунку полягає у визначенні періодичної складової струму КЗ для найбільш складного режиму роботи мережі. Врахування аперіодичної складової здійснювали наближено, допускаю­чи при цьому, що вона має максимальне значення в фазі, яка розглядається.

Захист від однофазних замикань на землю встановлюється на всіх лініях 6-35 кВ, на шинах РП, які працюють у мережах із ізольованою та заземленою нейтраллю через дугогасильний реактор.

Як правило, такі захисти діють на сигнал, проте, застосування даного захисту доцільно, тому що місце замикання на землю потрібно відшукати і відновити нормальний режим роботи лінії. Крім того, пошкодження в місці замикання на землю розвивається, і згодом може призвести до короткого замикання. Уповільненість дій персоналу може призвести до розвитку пошкодження в місці замикання на землю й привести до короткого замикання. Істотним ускладненням є те, що струм замикання на землю має дуже малу величину. Ця величина, сумірна з небалансом у нульовому проводі трансформаторів струму, тому в нульовий провід захист від замикань на землю не включається.

Для захисту від замикань на землю запропоновано використати спеціальні транс­форматори струму нульової послідовності (ТЗ, ТЗЛ, ТЗР), які можна засто­сувати тільки при наявності кабельного виводу з комірки. У мережах з ней­траллю, які заземлені через дугогасильний реактор, рекомендується застосову­вати пристрої типів УЗС-2/2, УЗС-3М, які реагують на суму вищих гармонік у струмі замикання на землю.

Як видно з розрахунків для КЛ-35 ТП №2, КЛ-35 ТП №5 не забезпечено чутливість захисту від однофазних замикань на землю, тому для цих приєднань (комірки № 02, № 05) треба задіяти направлений захист від однофазних замикань на землю.

**У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності»** прове­денорозрахунок капітальних вкладень, виконано розрахунок експлуатаційних витрат та розрахунок економічної ефективності проекту.

**У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуа­ціях»** розглянутоосновні небезпечні і шкідливі виробничі фактори на сонячній електростанції, розроблено технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, передбачено заходи щодо підвищення цивільного захисту в умовах надзвичай­них ситуацій.

**У восьмому розділі «Екологія»** дослідженовплив сонячних електростан­цій на навколишнє середовище та запропоновано спосіб вилучення шкідливих речовин при утилізації сонячних модулів.

**ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, що полягає в розробці автоматизованої системи диспетчерського контролю фотоелектричної станції та системи моні­торингу робо­ти фотоелектричних модулів. На базі отриманих результатів досліджень зроблено наступні висновки:

1. Аналітичні дослідження показали, що в Україні існує досить багато можли­востей і передумов для будівництва сонячних електростанцій різного типу з окупністю інвестицій менше 10 років.

2. Виконано огляд сучасних схем організації сонячних електростанцій, спо­собів дистанційного керування ними та вибрано оптимальний варіант .

3. Виконано дослідження систем моніторингу роботи фотоелектричних моду­лів та факторів, що впливають на їх роботу.

4. Розроблено проект експериментальної мобільної станції моніторингу робо­ти фотоелектричних модулів, дяка дозволяє здійснювати моніторинг роботи фото­електричних модулів, контролювати основні характе­ристики сонячної електро­станції, що дозволяє підвищити ККД роботи ФЕС від 30 до 40%.

5. Розроблено статистичну модель роботи фотоелектричних модулів.

6. Розроблено систему контролю і управління фотоелектричною станцією.

7. Розроблено автоматизовану систему диспетчерського контролю фотоелек­тричною станцією.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Горохівський М.С. «Інформаційно-телеметрична система обліку споживання елетроенергії». Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф., (Тернопіль, 22-24 трав. 2018.) // М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 267-268 с.

АНОТАЦІЯ

**Горохівський М.С. Розробка системи дистанційного керування сонячною електричною станцією**, 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка; Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

У дипломній роботі приведені результати теоретичних досліджень та вирішена науково-технічна задача, суть якої полягає в розробці автоматизованої системи диспетчерського контролю фотоелектричної станції та системи моні­торингу робо­ти фотоелектричних модулів.

**Ключові слова:** фотоелектрична станція, автоматизована система, диспетчерське керування, фотоелектричний модуль, система моніторингу.

**ANNOTATION**

**Mykhailo Horokhivskyi. Development of a remote control system by a solar power station,** 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics; Ternopil Ivan Puluj National Technical University; Ternopil, 2018.

In the diploma paper presents the results of theoretical researches and solves a scientific and technical problem, the essence of which is to develop an automated control system of a photovoltaic station and a system for monitoring the work of photovoltaic modules.

**Key words:** photovoltaic station, automated system, dispatch control, photovoltaic module, monitoring system.