

Іванський І.І., студент гр. 151м-22-1

Науковий керівник: Бублік А. В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ СОНЯЧНОЇ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Актуальність. Сонячні електростанції, які ще кілька років тому можна було зустріти тільки на півдні України, стали поширеним новим бізнесом практично у кожному регіоні. Перед війною, наприклад у 2017 році, за даними Держенергоєфективності загальна потужність введених в експлуатацію сонячних електростанцій (СЕС), склала 211 МВт, що в 2 рази більше ніж у попередньому році [1]. На нинішній день більша частина фотоелектричних модулів використовується як для вироблення електроенергії в побуті, так і для індустріальних цілей. Проте, статистика по використанню сонячного випромінювання для цілей енергетики свідчить про економічну неефективність і комерційну непривабливість фотоелектричних модулів (надалі ФМ) в зв'язку з їх ціною на ринку. Зниження вартості виробництва електроенергії можливо двома способами: зниження вартості власне ФМ та підвищення ефективності вироблення енергії. У розрізі даного дослідження мова йде про другий спосіб, для реалізації якого фотоелементи обладнуються системою стеження за Сонцем, що дає найкраще співвідношення вартості до ефективності.

Головною величиною, що впливає на вироблену потужність ФМ, є кут падіння сонячних променів на його поверхню, навіть за найефективнішого стаціонарного встановлення ФМ, втрати вихідної потужності становлять до 50% у порівнянні з безперервним орієнтуванням на Сонце. Застосування систем стеження дозволяє змінювати кут нахилу ФМ протягом дня таким чином, щоб зберегти прямий кут падіння сонячних променів на його поверхню. Це дозволяє збільшити кількість отриманого випромінювання, а, отже, і величину потужності, що виробляється. Головною перевагою даного способу є те, що він підходить для вже працюючих СЕС, для цього потрібно лише внести зміни в опорну конструкцію ФМ.

Постановка завдання дослідження.

Наразі для визначення траєкторії стеження на панелі встановлюється сонячний трекер - пристрій, призначений для відстеження положення сонця і орієнтування несучої конструкції таким чином, щоб отримати максимальний ККД від батарей [2]. Робота трекерів заснована на математичній астрономічній моделі, яка на основі знання про астрономічний час та координати СЕС дає можливість розрахувати кут падіння сонячних променів на поверхню землі. Але, це передбачає додаткові витрати, крім того потребує використання GPS-навігації. Щоб уникнути цього, сонячну панель можна використовувати, умовно кажучи, як давач виробленої панеллю потужності, відслідковуючи таким чином таке просторове положення панелі, яке забезпечує максимальну згенеровану потужність.

Мета наукової роботи полягає у підвищенні енергоефективності ФМ за рахунок створення алгоритму автоматичного керування просторовим положенням сонячної панелі на основі аналізу генерованої потужності. Головним критерієм якості роботи системи автоматичного керування є величина коефіцієнта корисної дії ФМ.

Для досягнення поставленої мети сформовані такі наукові задачі:

- створити імітаційну модель системи автоматичного керування просторовим положенням ФМ;

- запропонувати новий алгоритм пошуку оптимального положення сонячної панелі за критерієм максимуму виробленої ФМ електроенергії на основі аналізу заміряної генерованої потужності з урахуванням її різких перепадів через хмарність;

- провести дослідження режимів роботи синтезованої системи керування просторовим положенням сонячної панелі, що відповідає реальним умовам роботи ФМ з точки зору дії збурень.

Інструмент дослідження. Для дослідження алгоритмів автоматичного керування просторовим положенням сонячної панелі у застосунку Simulink математичного пакету MATLAB розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування.

Запропоноване рішення поставленого завдання. За умови аналізу відомих алгоритмів оптимізації з метою синтезу системи автоматичного керування положенням сонячної фотоелектричної установки були визначені наступні особливості процедури пошуку екстремуму залежності потужності, генерованої сонячною панеллю, від її положення:

1. Оптимізована функція, що описує залежність потужності на виході батареї, формується поступово у часі з повільною динамікою.

2. Ми завжди будемо знаходитися в початковій точці, відносно якої напрям максимального екстремуму є відомим.

З оглядом на це, в цій роботі запропонований емпіричний алгоритм пошуку максимального екстремуму потужності, генерованої сонячною панеллю, в залежності від двох змінних – кутів обертання панелі у горизонтальній та вертикальній площинах.

Запропонований новий алгоритм адаптований під хмарну погоду, коли спостерігаються різкі “провали” потужності.

Результати проведених досліджень. Проведене моделювання роботи сонячної фотоелектричної установки при нерухомій позиції панелі. Результати моделювання свідчать про коректну роботу моделі об’єкта керування: за умови руху сонця через зміну кута нахилу сонячних променів змінюється потужність, генерована панеллю. Спочатку вона зростає, коли сонце не досягло позиції, коли воно та панель знаходяться в одній площині за азимутом, а потім починає зменшуватись. Таким чином, спостерігається явно виражений максимальний екстремум. Далі проведене моделювання роботи сонячної установки, коли положення панелі визначається за запропонованим алгоритмом за умови сонячного дня. Результати дослідження дозволили зробити висновок про ефективність запропонованого алгоритму: потужність змінюється у вузькому діапазоні поблизу свого максимального значення 100%. Коливання потужності зумовлені встановленим діапазоном $\pm 2,5\%$, коли сонячна панель залишається нерухомою. Коригування положення панелі відбувається за умови виходу потужності з цього діапазону. Далі проведене моделювання роботи сонячної фотоелектричної установки за умови використання запропонованого алгоритму керування положенням панелі для випадку хмарного дня. Закриття сонця хмарами імітовано шляхом випадкової зміни як величини зменшення потужності, так і тривалості цього зменшення. Результати дослідження дозволили зробити висновок, що запропонований алгоритм автоматичного керування положенням сонячної панелі залишається таким же ефективним і для випадку хмарної погоди. Після провалів потужності через перекриття сонця хмарами потужність після цього повертається до діапазону зміни значень 97 – 100%, і не виходить з нього, поки не настане наступне затьмарення сонця. Це означає, що алгоритм після паузи, що виникає через затьмарення сонця, продовжує працювати коректно. Наявність провалів потужності через закриття сонця хмарами не призводить до збою запропонованого алгоритму.

Висновки. 1. Розроблена модель сонячної фотоелектричної установки як об’єкта автоматизації. Вхідними величинами моделі є кути обертання сонячної панелі, а вихідною величиною – потужність, генерована панеллю. При цьому збуренням є постійна зміна максимального екстремуму залежностей потужності від кутів обертання панелі через

постійне переміщення сонця. В основі моделі закладені відомі астрономічні закони, які дозволяють визначати положення сонця відносно землі та розраховувати кут падіння сонячних променів на поверхню землі.

2. В роботі вперше запропонований алгоритм автоматичного керування положенням сонячної панелі за критерієм забезпечення максимальної потужності, генерованої панеллю, протягом всього дня. На відміну від відомих трекерних систем в запропонованому алгоритмі не визначається кут нахилу сонячних променів відносно поверхні землі в залежності від астрономічного часу, геолокації тощо, а відбувається періодичний пошук максимального екстремуму потужності у функції кута обертання спочатку в горизонтальній площині, а потім в вертикальній. Таким чином, сонячна панель фактично сама є давачем, що дозволяє забезпечити зворотний зв'язок в системі керування через замірювання потужності в умовах незмінного навантаження.

3. Дослідження роботи сонячної фотоелектричної установки за допомогою розробленої імітаційної моделі системи автоматичного керування дозволило підтвердити ефективність запропонованого алгоритму автоматичного керування положенням сонячної панелі. Як в сонячний день, так і в хмарну погоду потужність, генерована панеллю, змінювалась у вузькому діапазоні значень 97 – 100%, а характер зміни кутів обертання панелі у горизонтальній та вертикальній площинах повторював траєкторію руху сонця в небі.

Перелік посилань

1. Савчук Є.В. (2019). Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні. Режим доступу: <file:///D:/Downloads/182-Article%20Text-343-1-10-20200410.pdf> (Дата звернення: 13.11.2023 р.)
2. Данко В.М., Смутко С.В., Поліщук О.С. (2017). Розробка конструкції трекерної системи для сонячних панелей.