

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙВолобуєв А. С., аспірант, e-mail: andreyvolobuev7777@gmail.comСавченко О. А., к.т.н., доц., e-mail: savoa@btu.kharkiv.ua

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день у всьому світі зберігається тенденція зростання встановлених потужностей відновлюваних джерел енергії. Найбільшу частину в потужності відновлюваних джерел енергії має сонячна електроенергетика. За прогнозами International Energy Agency найближчим часом на сонячну фотоелектричну енергію припадатиме 60 % глобального зростання відновлюваної енергії. Також очікується, що збільшення потужності фотоелектричних станцій продемонструє новий рекорд у 2023 році. При цьому річне зростання досягне 200 ГВт у 2023 році. У довгостроковій перспективі агресивна політика Російської Федерації, очевидно, призведе до перегляду стратегії енергетичної безпеки в європейських країнах. При цьому очікується прискорення темпів відмови від російських копалин енергоносіїв і переходу на відновлювані джерела енергії, серед яких сонячна електроенергетика займе одне з лідируючих місць.

Як відомо, інтеграція сонячних електростанцій до енергетичних систем призводить до необхідності застосування систем прогнозування вироблення електричної енергії. Надійний прогноз дозволяє передбачати флуктуації електричної потужності фотоелектростанцій, пов'язані із залежністю від природних факторів, і, як наслідок, покращити стабільність роботи енергосистеми та підвищити економічні показники. За величиною горизонту передбачення багато дослідників виділяють короткостроковий (до 6 годин), середньостроковий (6-24 години) та довгостроковий (понад 24 години) прогнози. Керуючі компанії сонячних електростанцій, інтегрованих до об'єднаних енергосистем, зобов'язані надавати такий прогноз для участі в торгах на ринку електроенергії на добу вперед. У зв'язку з вищезазначеним, тема досліджень є актуальною.

Мета досліджень. Метою дослідження є аналіз методів прогнозування продуктивності сонячних електростанцій.

Основні матеріали досліджень. Були проведені велика кількість досліджень з метою розробки відповідних моделей прогнозування для точного прогнозування виробництва електроенергії сонячними фотоелектричними системами з мінімальною складністю та вартістю. Прогнозування вихідної потужності сонячних електростанцій зазвичай складається з двох кроків. Перший полягає в виділенні енергетичних характеристик і аналізі факторів, які на них впливають. Другий – вибір методу прогнозування та оптимізація моделі прогнозування. Методи прогнозування вихідної потужності сонячних електростанцій можна в цілому класифікувати на три категорії — фізичні, статистичні та гібридні — на основі використовуваного методу прогнозування. Ці широкі класифікації можна далі поділити на основі фактичних процедур моделювання, застосованих у літературі.

Фізичні методи моделюють перетворення сонячного опромінення в електрику, використовуючи фізичні параметри погоди, такі як хмарність, температура навколишнього середовища, сонячне опромінення тощо, як вхідний вектор у фізичні рівняння, які прогнозують вихідну потужність. Фізичні моделі розроблені з використанням інформації про конкретне місце, параметри погоди, орієнтацію панелі та історичні дані. Моделі, розроблені з використанням цієї техніки, прості, коли розроблені з використанням глобального сонячного опромінення, але поступово ускладнюються шляхом додавання інших погодних параметрів (таких як покриття, температура навколишнього середовища тощо). На техніку значною мірою впливають раптові значні зміни погодних умов. Фізична модель досягає вищої точності при стабільній погоді. Модель чисельного прогнозування погоди, зображення

загального неба і супутникові зображення є деякими прикладами реалізації фізичного методу.

Статистичні методи в основному розроблені на основі принципу постійності або випадкових часових рядів. Моделі прогнозування вихідної сонячної фотоелектричної потужності розробляються шляхом визначення зв'язку між вхідними змінними (векторами) та відповідною вихідною потужністю за допомогою перевірених стандартних/наукових процедур. Параметри погоди (хмарність, температура, дощ, вітер, вологість, температура модуля тощо), які вплинули на вихідну потужність сонячної фотоелектричної системи, яка використовувалася як вхідні дані для алгоритму прогнозування, згадуються тут як вхідні змінні або вектори. Деякі приклади методів, які використовуються в цій категорії, – це традиційний статистичний аналіз і штучний інтелект (ШІ) або машинне навчання, аналітика. Традиційні підходи до прогнозування застосовують методи регресійного аналізу до даних часових рядів для створення моделей, які прогнозують вихідну потужність сонячних електростанцій. Деякими прикладами методів прогнозування штучного інтелекту є штучні нейронні мережі, машина опорних векторів, довготривала короткочасна пам'ять тощо. Слід зазначити, що також застосовуються різні модифікації згаданих методик ШІ.

Гібридна методика поєднує фізичні та статистичні методи для прогнозування. Спочатку застосовується фізична модель, надана виробниками для фотоелектричних модулів, а потім для підвищення точності використовується статистичний підхід до результату. Поєднання двох різних фізичних або статистичних методів також є формою гібриду. Деякі дослідження об'єднали техніку фізичного прогнозування з іншими методами штучного інтелекту та статистичними методами для досягнення вищої точності. Вони поєднали штучні нейронні мережі і фізичні методи, щоб сформулювати гібрид. В деяких випадках моделюється теоретичну модель неба (для певного місця) — шляхом моделювання сонячного опромінення для неба без хмар (з використанням моделі сонячного випромінювання ясного неба) – і використовується це змодельоване опромінення для встановлення оптимального денного ліміту. Таким чином, даний метод оптимізує функції двох методів. Одним із недоліків гібридного методу є те, що він стає більш складним, оскільки включає більше ніж одну техніку та споживає відносно більше машинних ресурсів.

Висновок. У даній роботі розглянуто сучасні тенденції в технологіях прогнозування вироблення фотоелектричної енергії. Кожна модель має свої переваги та недоліки, залежно від досліджуваного прикладу. Розробка моделі для прогнозування вироблення вихідної електроенергії привернула велику увагу до енергетичної промисловості для адекватного енергетичного планування в комунальному масштабі. Було проведено багато досліджень для розробки точних моделей прогнозування вихідної фотоелектричної потужності, які дали високопрогнозні моделі. Однак деякі сфери потребують удосконалення, наприклад розробка високоточної моделі прогнозування з меншою вагою точності прогнозування погоди. Іншим є розробка оптимальної моделі прогнозування вихідної фотоелектричної потужності зі зниженими обчислювальними вимогами, яка може одночасно забезпечити високий рівень точності для середньо- та довгострокового прогнозування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gensler, A., Henze, J., Sick, B., Raabe, N. Deep Learning for solar power forecasting—An approach using AutoEncoder and LSTM Neural Networks. In Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), Budapest, Hungary, 9–12 October 2016.
2. Hendouzi, A., Bourouhou, A. Solar Photovoltaic Power Forecasting. J. Electr. Comput. Eng. 2020, 2020
3. Mellit, A., Pavan, A., Oglari, E., Leva, S., Lughi, V. Advanced Methods for Photovoltaic Output Power Forecasting: A Review. Appl. Sci. 2020, 10, 487.
4. Li, P., Zhou, K., Yang, S. Photovoltaic Power Forecasting: Models and Methods. In Proceedings of the 2nd IEEE Conference Energy Internet Energy System Integration, Beijing, China, 20–22 October 2018.