

С. О. СКРИПНИК (аспірант), **О. Ю. КОЛЛАРОВ** (канд. техн. наук.)

Державний вищий навчальний заклад

«Донецький національний технічний університет»

savelii.skrypnyk@donntu.edu.ua, oleksandr.kollarov@donntu.edu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВПРОВАДЖЕННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ЕНЕРГЕТИЧНУ ГАЛУЗЬ УКРАЇНИ

У статті проаналізовано історичне впровадження систем керування в галузі енергопостачання, а також, розробку системи штучного інтелекту. Зазначено основні параметри для коригування вихідними характеристиками енергосистеми або генеруючих установок, що впливають на надійність та швидкість реагування при різних коливаннях електромережі. Також, в роботі розглянуто впровадження нейронних мереж в інших країнах світу, що використовують їх для підвищення ефективності роботи енергосистем та запобігання аварійних ситуацій на підприємствах. Особливу увагу приділено концепції штучного інтелекту в системах генерації та розподілення електричної енергії на території України за інноваційними розробками інших країн Європи та світу.

Ключові слова: *штучний інтелект, нейронні мережі, генерація електроенергії, навантаження, діагностика, прогнозування, оптимізація.*

Постановка проблеми. Електростанція перетворює енергію з неелектричної форми на електричну. Залежно від перетворення енергії електростанції класифікуються як копальні, ядерні, сонячні, геотермальні, гідроелектростанції тощо.

Основна мета – виконати це перетворення якнайкраще. Як еталонні враховуються критерії безпеки, ефективності, надійності та доступності.

Станція складається з декількох блоків, що генерують та працюють разом для задоволення потреби в електроенергії. Для електростанції на вихідному паливі кожен блок складається з трьох основних компонентів: котла, турбіни та генератора.

Складність операції пов'язана з мінливістю навантаження та високою ефективністю, необхідною у широкому діапазоні операцій. Основні труднощі для завдання управління тоді виникають через сильний зв'язок між змінними процесами та нелінійністю процесу.

Аналіз попередніх досліджень.

Спочатку заводи з виробництва копалин були розраховані працювати з базовим навантаженням. Використовувалися контролери з одним входом та одним виходом. Стратегії управління, що використовують керуючий вплив із прямим зв'язком, виявилися задовольняючими встановленим на той час вимогам. Проте високе зростання попиту, паливна криза та нові обмеження з метою охорони навколишнього середовища були потрібні інші, найефективніші види експлуатації електростанцій.

Таким чином, є три типи операції:

1) Робота з базовим навантаженням. Цей режим роботи, як правило, є найбільш економічним для електростанцій. Установки працюють за фіксованим попитом, на максимальній потужності з коливаннями трохи більше 15-20% від номінальної потужності, протягом тривалого часу (місяць). Для встановлення в цьому режимі в основному потрібні регулятори або стаціонарні контролери.

2) Робота в режимі відстеження навантаженням. Установки в цьому режимі роботи, поряд з працюючими в циклічному режимі, відповідають за підтримання фіксованої частоти на рівні 50 Гц. Такі електростанції поглинають швидкі та випадкові зміни навантаження, що відбуваються протягом дня. Автоматичне управління генерацією (АУГ) грає дуже важливу роль цих установках.

3) Циклічна робота: в цьому режимі роботи установки працюють в повільній зміні навантаження протягом робочої доби.

Як правило, це старі заводи, які втратили економічні переваги. Їх основною характеристикою є здатність запускатися та зупинятися у потрібний час. Для досягнення цілей циклічного та залежного режимів роботи сучасні системи управління потрібно технічне обслуговування, тобто технічний персонал.

З точки зору перспективної та історичної, почали використовувати методи управління з кількома входами та декількома виходами на електростанціях.

Сучасні багатопараметричні методи були класифіковані як:

– «Моделювання та симуляція»

– «Проектування та аналіз багатопараметричних систем управління»

– «Проектування та аналіз багатовимірних оцінок»

Цікаво відзначити, що ці методи вже давно довели свою корисність в управлінні технологічними процесами

та в аерокосмічних завданнях.

В даний час вивчається концепція наявності систем управління, здатних прогнозувати та оптимізувати робочі умови. Продуктивність електростанції можна точно передбачити за допомогою штучної нейронної мережі та/або методів оцінки стану.

До цього часу було відзначено, що з допомогою поліпшення систем управління та адекватного регулювання основного параметра процесу послаблюється важлива проблема прискореного старіння установок.

Також наголошується, що системи керування мають найбільшу швидкість технологічної зміни агрегату (приблизно 5 років). Тож заміна морально застарілого обладнання – ще одна проблема. Основними наслідками є погане регулювання, відсутність впевненості оператора, необхідність частого калібрування та зниження безпеки та ефективності.

Сьогодні у програмах модернізації, продовження терміну служби та підвищення теплопродуктивності електростанцій у числі найважливіших елементів розглядаються штучні системи керування.

З підвищеною увагою до систем управління додаються нові функції:

1. Оцінка теплопродуктивності.
2. Перевірка датчика.
3. Діагностика несправностей.
4. Ідентифікація та моделювання.
5. Координація.

Зауважимо, що ці функції є важливими елементами ієрархії управління [1].

Метою даної статті є аналіз і розробка пропозиції по впровадженню штучного інтелекту в електроенергетику України. Для досягнення цієї мети ми запропонуємо наступні завдання:

- проаналізувати існуючі системи використання штучного інтелекту в промисловості;
- розробити пропозиції щодо впровадження штучного інтелекту в електроенергетичну систему України.

У даному дослідженні були використані методи статистичного, факторного, історичного, порівняльного, логічного, економіко-математичного та системного аналізу, метод експертних оцінок, що дозволило сформулювати пропозиції щодо впровадження штучного інтелекту в електроенергетику.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Штучні нейронні мережі – це перший крок до принципово нової системи аналізу інформації. Вони являють собою математичні та комп'ютерні моделі, що імітують роботу біологічних нейронів, тобто це система взаємодіючих процесів, побудована за принципом з'єднання нервових клітин головного мозку людини (рис. 1). Слід зазначити, що вони відрізняються від звичайних машинних алгоритмів здатністю навчатися, запам'ятовувати і відтворювати образи, визначати закономірності, запам'ятовувати й аналізувати інформацію та отримувати результати.

Сигнали на виході, які надходять на наступний процесор і продовжують перетворюватися. Таким чином, штучні нейрони утворюють мережі та шари, в яких зв'язки створюються, відновлюються, підтримуються та руйнуються за допомогою спеціальних сигналів [2].

Що стосується штучного інтелекту, то загальноприйнятого визначення штучного інтелекту не існує, у зв'язку з цим під штучним інтелектом ми розуміємо машинну систему, здатну навчатися, використовуючи об'єктивні знання та досвід, вирішувати творчі завдання подібно до людського мозку та винахідницькі завдання, не проходячи через варіантів, будувати стратегії та застосовувати абстрактні концепції [3].

Цифровізація та штучний інтелект проникають у більшість галузей економіки, зокрема в електроенергетичний комплекс. Цифровізація енергетики потребує розробки та широкого використання наскрізних технологій, зокрема промисловий Інтернет, компоненти робототехніки, бездротового зв'язку, штучного інтелекту та інших.



Рисунок 1 – Концепція процесів штучного інтелекту

Протягом найближчих років планується створити єдине цифрове середовище для ключових галузей електроенергетики України, що призведе до створення «інтернету енергії». Такий підхід дозволить знизити втрати в мережі на тридцять відсотків та стимулювати імпортозаміщення. Американські експерти з компанії Indigo Advisory Group LLC відзначають, що потенціал штучного інтелекту буде розкритий у разі створення майбутніх мереж. Саме інтелектуальні технології дозволяють збільшити ефективності операцій, а також аналізувати неструктуровані дані, які зараз становлять близько 80% інформації у компаніях.

Розглянемо детально основні завдання, які вирішує штучний інтелект:

1. На рівні проектування вирішуються питання щодо покращення прогнозування потреби в енергії, а також рівня генерації, оцінки надійності енергогенеруючого обладнання, автоматизації систем релейного захисту та автоматизації при підвищенні навантаження на електростанції.

2. На виробничому рівні оптимізація профілактичного обслуговування обладнання, підвищення ефективності генерації, зниження втрат і запобігання розкраданню енергоресурсів.

3. На рівні акції також визначається та обґрунтовується оптимізація ціни залежно від пори року та доби, динаміки тарифів.

4. На рівні сервісу вирішуються питання щодо автоматичного вибору найбільш вигідного постачальника, надається детальна статистика споживання енергії та енергоресурсів, забезпечується автоматизоване обслуговування споживачів, оптимізуються питання споживання енергії з урахуванням звичок та поведінки споживачів [4].

Виділяючи основні сфери застосування штучного інтелекту в енергетиці, необхідно зупинитися на наступних принципах:

1. Прогнозування. підзавдання включають:

- прогнозування споживання та виробництва електроенергії;
- оптимізація роботи обладнання в години пік тощо.

Зокрема, дослідники приділяють особливу увагу відновлюваній енергетиці і тому з'ясовують, як сонячна енергетика та вітрова промисловість можуть отримати вигоду від використання спеціальних, так званих, програм штучного інтелекту. Сьогодні алгоритми штучного інтелекту в питаннях прогнозування використовуються в багатьох країнах світу і, як правило, порівнюються з погодними умовами певної місцевості. Наприклад, IBM спільно з Міністерством енергетики США (US Department of Energy) реалізує ініціативу SunShot, в рамках якої самонавчання.

Програма дозволяє достовірно прогнозувати виробництво станцій, що працюють на неуглецевих відновлюваних ресурсах (сонячні, вітрові та гідро- станції). Алгоритм використовує велику кількість ретроспективних даних разом з інформацією про моніторинг погоди в реальному часі. Крім того, в США, вже використовує алгоритми штучного інтелекту для обробки погодних даних, що дозволяє оптимізувати продуктивність вітрових електростанцій [3].

Найчастіше в електроенергетиці штучний інтелект використовується для оцінки та прогнозування технічного стану обладнання. Наприклад, можна виявити «ненормальні події» у виробничих процесах, невидимі для працівників станції. За допомогою штучного інтелекту прогноуються параметри, які важко підрахувати в реальному часі: «індекс здоров'я» установок, коефіцієнт корисної дії (ККД), і тому на основі отриманих показників енергетики отримують рекомендації щодо ремонту та формують переліки дефекти [4].

2. Підвищення енергоефективності. Основним завданням є моніторинг даних фактичного споживання енергії. Справа в тому, що є можливість оптимізації та зниження енергоспоживання за рахунок впровадження штучного інтелекту. Прикладом є нейронна мережа, яку використовує британська компанія Deep Mind Technologies Ltd, що сприяло зниженню споживання енергії (близько 40%).

У General Motors використання алгоритмів штучного інтелекту дозволило підвищити ККД вітрогенераторів на 5%, а витрати на технічне обслуговування зменшилися на 20%. Є приклади щодо підвищення енергоефективності. Отже, американська компанія Verdigris Technologies розробила програмне забезпечення для оптимізації енергоспоживання комерційних будівель, приміщення яких обладнані датчиками. Використання цієї програми для оптимізації роботи кухні готелю W Hotel San Francisco протягом трьох місяців дозволило виявити причини та усунути неефективне споживання енергії в розмірі \$13 тис. на рік [3].

3. Інтелектуалізація. Основними підзавданнями цього напрямку є:

- опрацювання результатів моніторингу енергетичних об'єктів та формування висновків;
- управління навантаженням;
- ефективна передача інформації;
- зручний доступ до даних.

Прикладом також є одна з британських компаній – National Grid UK, яка використовує алгоритми штучного інтелекту та дрони для аналізу та моніторингу стану мережевих об'єктів на предмет зносу, корозії та несправностей.

У майбутньому цей штучний інтелект дозволить оцінити загальний стан активу, необхідність його модернізації чи заміни [3].

Про цікаве застосування методів штучного інтелекту повідомила німецька компанія Schleswig-Holstein Netz AG, яка експлуатує електричні мережі у федеральній землі Шлезвіг-Гольштейн.

Тут мережа, що самонавчається, використовується для визначення місць ймовірних пошкоджень. В якості вихідних даних у цій мережі використовується інформація про працездатність компонентів електричних мереж та проведених ремонтів, а також інформація про навантаження та погодні умови [2].

Американська компанія Air Fusion, яка використовує безпілотні літальні апарати для дослідження стану високовольтних ліній електропередачі і вітрових турбін, використовує програмне забезпечення з алгоритмами штучного інтелекту для обробки результатів моніторингу. Нейронна мережа допомагає вирішувати задачу розпізнавання образів, для якої в процесі навчання в програму завантажуються тисячі зображень пошкоджених вітрогенераторів.

Startup Upside Energy надає послугу, яка розподіляє енергію в електромережі за допомогою алгоритмів машинного навчання та штучного інтелекту. Під контролем штучного інтелекту вже працюють електростанції, сховища енергії та сонячні батареї. Саме тому експерти вважають, що незабаром штучний інтелект стане невід'ємною частиною енергетики. Upside Energy створює віртуальне сховище енергії. Це знижує навантаження на електростанцію. Якщо десь не вистачає енергії, то за звичайним сценарієм електростанції змушені збільшувати швидкість, спалюючи додаткове паливо.

Upside Energy використовує алгоритми прогнозування та знає в заздалегідь, де і в який момент буде перевантаження в мережі. Маючи таку інформацію, система автоматично перенаправляє потужність сусідніх станцій і малих джерел енергії для компенсації стрибків напруги. В результаті надлишок споживається ефективно, а додаткове паливо не потрібно для створення додаткової потужності. Служба координує роботу акумуляторів і генераторів на 40 ділянках. Між тим, обчислювальна потужність дозволяє підтримувати тисячі об'єктів, включаючи електромобілі, сонячні панелі та джерела безперебійного живлення. Upside Energy підписала угоду з національною енергетичною мережею Великобританії, щоб забезпечити точні послуги контролю частоти. Це означає, що в разі перевантаження системи підприємство береться за роботу зі зниження навантаження.

Подібна програма реалізується в Нідерландах. Енесо продає акумулятори Tesla PowerWall за півціни. В обмін на таку знижку покупець повинен підключитися до «віртуальної електростанції». Це означає, що 30% його акумуляторів буде зарезервовано для потреб кварталу, району чи міста. У разі перевантаження системи програма спрямує ці повноваження на усунення ситуації, що виникла, а власник батареї отримує гроші за вироблену електроенергію [4].

В енергетиці будь-які процеси відбуваються послідовно і вимагають негайного прийняття рішень, у разі порушення алгоритму виконання поставлених завдань. Тому, вищепераховані види використання штучних нейронних мереж, є дуже важливою ланкою для безпечного використання енергоресурсів, а також, техніко-економічним рішенням для системи енергопостачання та генерації електричної енергії з різних видів джерел енергії.

Висновки. Отже, технології штучного інтелекту мають перспективи розвитку. Звичайно, для досягнення значущих результатів потрібне значне цільове фінансування.

Дуже важливою є взаємодія наукових інститутів та університетів з бізнесом, де також розвиваються технології штучного інтелекту. Увага влади та суспільства, їх розуміння важливості завдань, що стоять перед країнами для досягнення мети впровадження штучного інтелекту.

Що стосується електроенергетики, то інтеграція штучного інтелекту в галузь допоможе оптимізувати та підвищити ефективність у всіх аспектах виробництва, передачі та споживання енергії. Слід зазначити, що розвиток електроенергетики є кроком по дорозі розвитку інших галузей.

Саме тому перехід до цифрової промисловості неможливий без цифровізації та інтелектуалізації електроенергетики.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. R. E. Bourguet, P. J. Antsaklis, «Штучні нейронні мережі в електроенергетиці», Технічний звіт Групи ISIS (міждисциплінарні дослідження інтелектуальних систем), № ISIS-94-007, Університет Нотр-Дам, квітень 1994 р.
2. Могиленко А. Застосування алгоритмів штучного інтелекту у світовій енергетиці. Енергетика і промисловість Росії, 2018, № 7, с. 23
3. Лосев А. Штучний інтелект в ядерній енергетиці. Атомний експерт, 2018, № 3-4, С. 35-43.
4. Андрій Созонтов, Марія Іванова*, Артур Гібадуллін. Впровадження штучного інтелекту в електроенергетиці. Web of Conferences 114, 01009 (2019) – Дослідження енергетичних систем.

REFERENCES

1. R. E. Bourguet, P. J. Antsaklis, "Artificial Neural Networks in Electric Power Industry," Technical Report of the ISIS (Interdisciplinary Studies of Intelligent Systems) Group, No. ISIS-94-007, Univ of Notre Dame, April 1994.

2. A. Mogilenko, Application of artificial intelligence algorithms in the global energy industry. Energy and Industry of Russia, 2018, no 7, p. 23.

3. A. Losev, Artificial Intelligence in Nuclear Power. Atomic Expert, 2018, no 3-4, pp. 35-43.

4. Andrey Sozontov, Maria Ivanova* , and Arthur Gibadullin., Implementation of artificial intelligence in the electric power industry. Web of Conferences 114, 01009 (2019) – Energy Systems Research.

Надійшла до редколегії

Рецензент:

S. SKRYPNYK, A. KOLLAROV

State Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University»

Research of the impact of the introduction of neural networks in the energy sector of Ukraine. A power plant converts energy from a non-electric form to an electric one. Depending on the energy conversion, power plants are classified as minerals, nuclear, solar, geothermal, hydroelectric, and so on.

The main goal is to perform this transformation as best as possible. Criteria of safety, efficiency, reliability and affordability are taken into account as benchmarks.

The station consists of several units that generate and work together to meet electricity needs. For a fossil fuel power plant, each unit consists of three main components: a boiler, a turbine and a generator.

The complexity of the operation is due to the variability of the load and high efficiency required in a wide range of operations. The main difficulties for the management task then arise due to the strong link between process variables and process nonlinearity.

The purpose of this article is to analyze and develop a proposal for the introduction of artificial intelligence in the power industry of Ukraine. To achieve this goal, we will offer the following tasks:

- analyze existing systems for the use of artificial intelligence in industry;
- develop proposals for the introduction of artificial intelligence in the electricity system of Ukraine.

In this study, methods of statistical, factorial, historical, comparative, logical, economic-mathematical and systems analysis, the method of expert assessments were used, which allowed to formulate proposals for the introduction of artificial intelligence in the power industry.

Artificial neural networks are the first step towards a fundamentally new system of information analysis. They are mathematical and computer models that simulate the work of biological neurons, ie a system of interacting processes, built on the principle of connecting nerve cells of the human brain. It should be noted that they differ from conventional machine algorithms in the ability to learn, memorize and reproduce images, determine patterns, memorize and analyze information and obtain results.

Output signals that arrive at the next processor and continue to be converted. Thus, artificial neurons form networks and layers in which connections are created, restored, maintained and destroyed by special signals.

With regard to artificial intelligence, there is no generally accepted definition of artificial intelligence, therefore, by artificial intelligence we mean a machine system capable of learning using objective knowledge and experience, to solve creative problems like the human brain and inventive tasks, not going through options, build strategies and apply abstract concepts.

Digitalization and artificial intelligence are penetrating most sectors of the economy, including the electricity sector. The digitalization of energy requires the development and widespread use of end-to-end technologies, including industrial Internet, components of robotics, wireless communications, artificial intelligence and others.

Thus, artificial intelligence technologies have prospects for development. Of course, significant targeted funding is needed to achieve significant results.

The interaction of research institutes and universities with business is very important, where artificial intelligence technologies are also being developed. Attention of the authorities and society, their understanding of the importance of the tasks facing countries to achieve the goal of implementing artificial intelligence.

With regard to electricity, the integration of artificial intelligence into the industry will help optimize and increase efficiency in all aspects of energy production, transmission and consumption. It should be noted that the development of electricity is a step towards the development of other industries.

That is why the transition to the digital industry is impossible without the digitalization and intellectualization of the power industry.

Key words: *artificial intelligence, neural networks, power generation, load, diagnostics, forecasting, optimization.*