

ОПТИМІЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯМ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Савіченко П. І., студентка

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Енергетичні мережі сьогодні стикаються з низкою викликів, таких як оптимізація управління ресурсами, забезпечення надійності та зниження витрат. Традиційні підходи до оптимізації, засновані на математичних моделях, є ефективними, але вимагають значних обчислювальних ресурсів, що обмежує їхнє застосування в умовах складних мережевих систем. Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості для вирішення цих завдань, пропонуючи здатність обробляти великі обсяги даних і виявляти повторювані закономірності. Застосування ШІ у мережевих процесах може підвищити ефективність управління, що є перспективним напрямком для підвищення стабільності, пропускної здатності та економічної ефективності енергомереж [1].

Мета роботи – дослідження можливості використання сучасних технологій, таких як штучний інтелект, для моніторингу та автоматизації управління енергомережею.

Матеріали досліджень. Специфіка надання послуг енергозабезпечення, а саме необхідність обробки, в режимі реального часу, великих масивів інформації щодо прогнозування погодних умов, обсягів споживання та виробництва енергії, стану обладнання, режимів роботи ліній електропередачі тощо відкриває шлях для застосування ШІ в енергетиці. Для прикладу: прогнозування погодних умов може передбачити зміну потреб споживачів у енергії та, відповідно, краще спланувати роботу генеруючих потужностей для збільшення ефективності роботи наявних установок. Застосування ШІ може також стабілізувати систему передачі енергії, наприклад, виявляючи аномалії в режимах виробництва і споживання та розробляти відповідні рішення щодо усунення таких аномалій у режимі реального часу (on-line), здійснюючи підключення/відключення джерел енергії чи додаткового обладнання, що забезпечує стабільність та надійність функціонування системи.

Завдяки збільшенню доступності даних ШІ забезпечує краще прогнозування режимів роботи систем розподілення енергії. Наприклад, вибір часу технічного обслуговування в електричній мережі, завдяки наявності інформації щодо проектних термінів експлуатації, неprojektних режимів, рівня зношеності окремих елементів, обладнання чи матеріалів, що суттєво знижує рівень аварійності мереж та дорогі простої. Що стосується споживачів енергії, то ШІ дозволяє оптимізувати енергоспоживання завдяки спроможності прогнозування цін на енергію (на різних проміжках часу) та керування попитом на стороні споживання завдяки використанню розумного обладнання. Режимми роботи пристроїв можуть регулюватись в залежності від звичок споживачів (наприклад години автоматичного включення кондиціонування чи освітлення, підігріву води тощо), реальних потреб у споживанні (наявність споживача у

приміщенні) та вартості енергії у певний проміжок часу з метою зміщення графіку споживання на години коли вартість енергії нижча.

Проникнення цифрових технологій в енергетику дозволяє підвищити ефективність використання наявної енергетичної інфраструктури та ресурсів.

Необхідно реалізувати передачу даних про рівень напруги в реальному часі, що є ключовим параметром для визначення стану електричної системи. Це дозволить вчасно виявляти аномалії, перенавантаження та інші проблеми в електромережі. Завдяки цьому модулю, система енергоменеджменту може ефективно реагувати на зміни та оптимізувати споживання електроенергії. Впровадження такого модуля сприяє підвищенню надійності та продуктивності електромережі, що в свою чергу призводить до оптимізації використання електроенергії та зменшення витрат. ШІ оптимізує керування потоками енергії в системі між обладнанням споживачів (будинки, підприємства), накопичувачами енергії (аккумуляторними батареями), відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ), мікромережами та центральною мережею. Інтеграція системи управління мережі з датчиками, інструментами аналізу даних, системами зберігання енергії, платформами управління енергією та іншими типами енергетичних технологій створює нові можливості. Цьому сприяє поширення використання розумного обладнання (промислового та побутового обладнання (IoT) з можливістю автоматичного обміну інформацією та керування за допомогою цифрових технологій) та розумних систем вимірювання (Smart meters), які набувають все більшого поширення. Наприклад, у США рівень проникнення таких лічильників сягнув майже 50 % ще у 2016 році [2]. Розумні лічильники забезпечують двосторонній зв'язок між оператором мережі та споживачем, створюють можливість забезпечення гнучкості попиту для управління споживанням та досягнення економії витрат споживача. Інтелектуальні лічильники (2-го покоління) з так званими «in-home-display», відображають споживання в реальному часі й інформують споживача, коли він може скоротити споживання енергії, зменшивши тим самим свої витрати на електроенергію. Енергетичні компанії можуть зменшити споживання енергії споживачами за допомогою автоматизованих систем регулювання попиту, які можуть спонукати споживачів відключати енергію в години пік, що призводить до економії енергії як для споживачів, так і для енергетичних компаній. Крім того, енергетичні компанії можуть використовувати знання про режими споживання обладнання (розуміння профілю споживача) для розробки проєктів енергоефективності для своїх клієнтів.

Smart grids (Розумна мережа) – це електрична мережа, яка використовує цифрові та інші передові технології для моніторингу та керування транспортуванням електроенергії з усіх джерел виробництва для задоволення потреб споживачів електроенергії. Розумні мережі координують потреби та можливості всіх виробників, операторів мереж, кінцевих користувачів та зацікавлених сторін ринку електроенергії, щоб якомога ефективніше працювати з усіма частинами системи, мінімізуючи витрати та вплив на навколишнє середовище, максимізуючи надійність, стійкість та стабільність системи.

Енергетичні компанії світу, лідери у застосуванні цифрових технологій, направляють значні ресурси на інновації, розумне обладнання та розгортання розумних електричних мереж. Наприклад, компанія Enel запустила Network Digital Twin, цифрову платформу, яка створює сучасні та точні віртуальні копії фізичних мереж електропостачання та їх компонентів та системної динаміки, що дозволяє покращити роботу та проектування мережі, інтегрувати розподілені енергетичні ресурси та управління робочою силою. У 2020 році держава мережева корпорація Китаю (State Grid Corporation of China) також оголосила про плани інвестувати біля 3,5 мільярда доларів США в цифрову інфраструктуру. У 2021 році вона разом з Національною комісією розвитку та реформ Китаю оголосили про пілотний проект з розробки платформи для торгівлі зеленою енергією на основі технології блокчейн. Виробники обладнання для електричних мереж, такі як Siemens, General Electric і Hitachi Energy, зробили цифрові технології основою свого бізнесу [3].

Віртуальна електростанція, це система децентралізованих генеруючих потужностей в енергетичній мережі, що віртуально пов'язана та керується єдиною централізованою системою управління. Ці одиниці можуть бути або виробниками електроенергії (наприклад, вітряні, біогазові, сонячні, ТЕЦ або гідроелектростанції), активними споживачами електроенергії (просьюмерами), накопичувачами електроенергії (акумуляторами), або установками, що працюють за принципом перетворення «енергія в X» (наприклад, електроенергія-тепло та електроенергія-газ). Найбільші сьогоденні віртуальні електростанції вже перевищили сукупну потужність найбільших атомних електростанцій. Керовані ШІ мережі є основою створення віртуальних електростанцій (Virtual Power Plants - VPP) [4], які є віртуальним пулом кількох малих і середніх установок, які споживають або виробляють електроенергію. ШІ дозволяє визначити доступні обсяги виробництва енергії конкретними установками та знайти конкретних споживачів таких обсягів виробництва. Таким чином, VPP створює віртуальну енергосистему, незалежну від централізованої мережі, яка самостійно забезпечує балансування пропозиції та попиту між своїми учасниками. При цьому оператори VPP не володіють електростанціями, вони просто оптимізують спосіб використання кожного зв'язаного активу, який належить третій стороні, що дозволяє вирівнювати графік навантаження системи. Центральна система управління VPP використовує спеціальний алгоритм, щоб пристосуватися до команд балансування від операторів системи передачі та до умов локальної мережі – так, як це робить звичайна електростанція.

Торгівля електроенергією характеризується необхідністю здійснювати постачання відповідно до потреб споживача в режимі реального часу (on-line). Це створює суттєві проблеми для організації належного обліку обсягів проданої енергії у кожний конкретний проміжок часу, оскільки вартість енергії залежить від години доби. ШІ та машинне навчання можуть допомогти виробникам, постачальникам та споживачам краще прогнозувати графіки свого навантаження (виробництво, споживання) та брати участь на торгах на оптових і балансуєючих ринках, уникаючи при цьому штрафів за недотримання

заявлених графіків. Маючи цю інформацію, учасники ринку в режимі реального часу можуть приймати обґрунтованіші рішення про те, коли купувати та продавати енергію.

Виявлення крадіжок енергії. Крадіжка та шахрайство з обсягами та режимами споживання енергії є досить поширеним явищем, що зумовлює значні втрати для енергетичної та комунальної сфери (до 100 мільярдів доларів щороку в усьому світі). ШІ та машинне навчання можуть автоматично виявляти аномалії у поведінці постачальників і споживачів та позначати їх для детальнішої перевірки персоналом енергетичних компаній [5]. Це дозволяє компаніям захистити свої активи, зменшити витрати енергії та заощадити гроші.

Обережність ставлення енергетичних компаній до широкого застосування ШІ пояснюється не тільки побоюванням щодо ризиків пошкодження роботи капіталоемної енергетичної інфраструктури чи вимог відшкодування збитків з боку споживачів у випадку порушення стабільності надання послуги енергопостачання. Основним бар'єром для подальшого впровадження ШІ в енергетиці є опір змінам/консерватизм працівників. Така інерція до впровадження нової технології часто пояснюється існуючою організаційною культурою в компаніях, коли працівники побоюються втратити місце роботи (ШІ їх замінить) та довірити ШІ приймати важливі рішення що впливатимуть на активи, за які вони несуть відповідальність. Іншим чинником формування опору ШІ є недосконалість технологій з точки зору конкретних технічних аспектів їх застосування та взаємосумісності з іншим обладнанням. Широка різноманітність «розумного обладнання» та велика кількість виробників не дозволяє на даний момент стандартизувати вимоги щодо проектування, виробництва та використання такого обладнання, а також щодо обробки даних та обміну інформацією з іншим обладнанням. Користувачам такого обладнання необхідно докладати додаткових зусиль щодо вибору визначеного типу обладнання та його виробника, яке має узгоджуватись з вимогами, виставленими в процесі підключення операторами надання окремих послуг, наприклад вимогами операторів розподільчих мереж. Окрім того, досить часто основні режими роботи обладнання не узгоджуються з режимами та процедурами роботи оператора розподільчих мереж. Наприклад у випадку від'єднання споживача від мережі внаслідок аварійного відключення та при наступному відновленні електропостачання оператором розумне обладнання, за замовчуванням, не буде включено в роботу (відповідні установки на програмному та апаратному рівні), що потребуватиме здійснення ручного підключення обладнання та налагодження його режимів роботи. Це може стати суттєвою проблемою коли споживачі, особливо домогосподарства, не мають достатнього рівня знань для здійснення подібних процедур. Ще однією проблемою є те, що самі по собі системи ШІ, як системи що підключені до цифрових мереж, вразливі до кібератак. Кількість та масштаб кібератак і спектр кіберзагроз енергетичній інфраструктурі постійно зростають. Кібератака може спричинити втрату контролю над технологічним обладнанням та процесами,

що, у свою чергу, спричинить фізичні збитки та повсюдне порушення функцій енергозабезпечення.

Важливими аспектами, які сьогодні формують цілий набір проблем, пов'язаних із проблематикою застосування ІІІ, є питання безпеки та захисту прав людини [6], зокрема в частині захисту персональних даних. Це стосується й побутових споживачів. Зокрема власники систем «розумний дім» чи розумного обладнання побоюються розкриття приватної інформації, що може бути опосередковано здійснено шляхом зчитування даних датчиків, встановлених у будинку та обладнанні. Дослідження показали, що найбільшою перешкодою для прийняття розумних лічильників є страх розкрити приватну інформацію, не знаючи, як саме вона використовується. Ці побоювання виправдані, оскільки досі немає регламенту щодо обробки цих конфіденційних даних, які є важливими для електроенергетичної системи майбутнього [7].

Ще один напрям критики ІІІ - це зростання споживання енергії. На обробку великої кількості даних витрачається багато електроенергії [8]. Використовуючи ІІІ для трансформації енергетичної системи важливо також враховувати, що самі центри обробки даних впливатимуть на обсяги енергоспоживання, відповідно, їх треба проєктувати якомога більш енергоефективними та максимально кліматично нейтральними. Розширення використання ІоТ також має серйозні наслідки для споживання енергії. Насамперед, це витрати на електроенергію, пов'язані з підключенням пристроїв до мережі. Це проблема, якою потрібно керувати і слід переконатися, що споживання енергії підключення до мережі не стане надмірним, оскільки все більше пристроїв розроблено з мережевими функціями.

Висновок. Проведений аналіз демонструє позитивні аспекти застосування ІІІ та чинники, які суттєво стримують його впровадження в енергетиці. У найближчі роки все ж очікується невідворотне проникнення ІІІ у різні аспекти діяльності енергетичних компаній. Широке застосування ІІІ з метою управління технологічними та управлінськими процесами ще потребує часу на усунення недосконалостей технологій та зміни бізнес-культури. Незважаючи на вищезазначені можливості застосування ІІІ традиційні енергетичні компанії (енергетичний сектор, базований на існуючій концепції великих централізованих систем) обережно ставляться до широкого використання нової технології, що частково пов'язано зі сприйняттям енергетичними компаніями та споживачами потенційних ризиків її застосування.

Цифровізація та застосування ІІІ є ключовим способом та інструментом, що дозволяє керувати великими та все більш складними системами. ІІІ є інструментом успішної трансформації енергетичного сектора, оскільки дозволяє інтегрувати новітні та перспективні технологічні новації в енергетиці та обумовлені ними зміни в організації функціонування систем енергозабезпечення (децентралізація виробництва та розподілення енергії та електрифікації різноманітних технологічних процесів).

Подальший розвиток нових технологій та бізнесмоделей залежить від державної політики запровадження ІІІ та відповідної законодавчої та

регуляторної бази. Енергетичним компаніям необхідні визначені державні пріоритети та законодавчі рамки, які можуть допомогти їм розвивати свою діяльність у цьому напрямі. Споживачі потребують нормативно-правових актів, які можуть захистити їх від зловживань, забезпечити прозорість використання і захищеність їхніх персональних даних, якими вони діляться з цифровими компаніями.

Перелік посилань

1. IT технології: застосування в енергетиці. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://kosatka.media/category/blog/news/it-tehnologii-v-energe>
2. Nearly half of US electricity customers have smart meters / U.S. Energy Information Administration. 2017. 06 Dec. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=34012>
3. Smart Grid. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.iea.org/reports/smart-grids>
4. What is a Virtual Power Plant? Next. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.nextkraftwerke.com/knowledge/what-is-a-virtual-power-plant>
5. Shah S. Companies Will Use AI to Stamp Out Electricity Theft. Engadget. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.engadget.com/2017-09-25-companies-will-use-ai-to-stamp-out-electricity-theft.html>.
6. Universal Declaration of Human Rights/United Nations. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.un.org/en/udhrbook/pdf/udhr_booklet_en_web.pdf.
7. Комісія ЄС розробила чотири основні етичні принципи для ШІ, а саме: ШІ має поважати вимоги законів; етичні принципи та цінності суспільства; бути надійним з технічної точки зору та уникати соціальної шкоди. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai>.
8. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.iea.org/events/blockchain-applications-an-energy-perspective>.