

6. **Ваксман С.А.** Информационные технологии в управлении городским общественным пассажирским транспортом (задачи, опыт, проблемы) / под ред. С.А. Ваксман. – Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2012. – 250
7. **Богумил В.Н.** Оценка основных параметров транспортных потоков на улич-но-дорожной сети города на основе обработки навигационных данных городского пассажирского транспорта: Дисс. . к.т.н. М., 2011. - 182 с.
8. **Ewing R.** Pedestrian and transit friendly design. Joint Center for Environment and Urban Problems. Florida Atlantic University / Florida International University. March, 1996. 103 p.
9. Bjorn Sabel Exchange and Smart// Traffic Technology International Annual Review, 2009, pp. 60-62.
10. BIAS Bus Information and Signalling Електронний ресурс - режим доступу - <http://www.glasgow.gov.uk/en/Residents/GettingAround/Pub-licTransport/BusinformationandSignalling/>
11. **Бойко Г.В.** Методика оптимизации структуры транспорта для обслуживания городских пассажирских перевозок, дис. . канд. техн. наук, 2006 г. 157 с.
12. **Ваксман С.А.** Информационные технологии в управлении городским общественным пассажирским транспортом (задачи, опыт, проблемы) / **С.А. Ваксман, Н.И. Герасимов, И.А. Слепухина**; под ред. С.А. Ваксмана Екатеринбург: Изд-во АМБ, 2012. -260 с.
13. **Вельможин А.В.** Теория организации и управления автомобильными перевозками: логистический аспект формирования перевозочных процессов: Монография/ **А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин.** - Волгоград, РПК Политехник, 2001.
14. **Власов В.М.** Информационные технологии на автомобильном транспорте / **Власов В.М., Николаев А.Б., Постолиг А.В., Приходько В.М. М.**, Наука. -2006. - 288 с.
15. **Володченко С.В.** Моделирование распределения пассажирских потоков в крупных городах: автореф. дис. . канд. техн. наук. -СПб.: 2005.
16. **Герани В.Д.** Методология формирования системы городского пассажирского общественного транспорта: Дисс. . д.т.н. М., 2001 - 416 с.
17. **Горев А. Э.** Организация автомобильных перевозок и безопасность движения/А.Э. Горев, Е.М. Олещенко// М. Транспорт. 2006. 266 с.
18. **Гудков В.А.** Математическое моделирование муниципальных автотранспортных пассажирских перевозок/ **В.А. Гудков, М.С. Турнищева, Е.Р. Нургалеев** // Журнал "Автотранспортное предприятие" № 4 2010,- С. 35-38.
19. **Гуревич Г.А.** Использование диаграмм Ганта в автоматизированных системах текущего планирования и диспетчерского управления ГПП / **Г.А. Гуревич, Е.В. Финько** // Журнал "Автотранспортное предприятие" № 1 2012.- С. 24-27.
20. Ticket products. Matkahuolto. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.matkahuolto.fi/en/travel-services/ticket-products/>.
21. Bus & Coach Smart Move Електронний ресурс. Режим доступу: <http://vwww.busandcoach.travel/en/bus and coach the smart move.htm>

Рукопис подано до редакції 03.04.2019

УДК 004.896

Д.І. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, доц., Криворізький національний університет

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ВИРОБЛЕНОЇ ЕНЕРГІЇ СОНЯЧНОЮ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

Мета. Метою роботи є розробка інформаційної системи для прогнозування кількості виробленої енергії та ефективності роботи сонячних електростанцій. У зв'язку із збільшенням кількості встановлених сонячних електростанцій щороку, стає потреба більш детально досліджувати питання прогнозування виробленої електроенергії сонячними станціями. Зокрема із-за низького ККД роботи сонячних фотоелементів, нестабільності отриманні електричної енергії пов'язаної із метеорологічними умовами, запропоновані підходи у статті дозволять отримувати більш чітку картину ефективності роботи сонячної електростанції. На даний момент існуючі методи, підходи та інформаційні системи враховують тільки індивідуальні конструктивні особливості сонячних панелей та вимагають наявності спеціалізованих коштовних датчиків для аналізу сонячної інсоляції. У свою чергу це не дає можливості отримувати більш точнішого прогнозу ефективності роботи сонячних панелей, наприклад, із врахуванням попередніх років роботи, і прогнозування на більш великі терміни часу.

Методи дослідження. У даній статті автором запропоновано метод прогнозування кількості виробленої енергії сонячною електростанцією на основі аналізу температури оточуючого повітря, сонячної інсоляції та значень роботи сонячної станції попередніх років із використання математичного апарату нейронно-нечітких мереж.

Наукова новизна. Розв'язання даної задачі складає актуальність роботи. Запропоновані методи є актуальними адже дозволяють виконувати прогнозування вироблення кількості сонячної енергії на основі штучних нейронних мереж типу ANFIS.

Практична значимість. Завдяки виконанню автоматизації на снові запропонованого підходу кожна частина інформаційної системи працює злагоджено з іншими, у оптимальному режимі, що дозволяє економити час та гроші. Окрім виконання функції прогнозування кількості виробленої енергії сонячною станцією, перспективним шляхом

досліджень є дослідження процесів прогнозування виробленої енергії гібридними альтернативними джерелами енергії. Наприклад, прогнозування генерації сонячними та вітростанціями, як окремо так і у комплексі.

Результати. Використання запропонованого підходу також, додатково, дозволить отримувати інформаційну систему інтегрувати як частину системи Energy Management, загальної державної мережі Smart Grid. Це дозволяє зменшити витрати коштів на використання спеціалізованого обладнання, а також підвищити якість управління інформаційною системою Smart Grid.

Ключові слова: інформаційна система, сонячна панель, сонячна інсоляція, прогнозування, сонячна електростанція, Smart Grid.

doi: 10.31721/2306-5451-2019-1-48-105-111

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. У сучасній енергетиці будь-якої європейської країни використовуються новітні технології, впроваджуються інформаційні і діагностичні системи, сучасні системи вимірювань та управління. На сьогоднішній день, кожен споживач електроенергії може обирати між централізованими та автономними джерелами енергії, або їх комплексу. Слід відмітити те, що Україна не є винятком, і в ній активно впроваджується розподілена генерація на основі енергії сонця, вітру, води та ін. У 2018 році загальна потужність встановлених сонячних електростанцій, у приватних домогосподарствах в яких реалізовано «зелений» тариф, становила 121 МВт [1]. Як видно із рис. 1 кількість встановлюваних сонячних електростанцій (СЕС) із року в рік тільки збільшується.

Слід зазначити, що за рівнем впливу неконтрольованих факторів навколишнього середовища та первинними енергоносіями, розподілені джерела енергії розподіляються на наступні [2]:

не відновлювальні джерела з керованим генеруванням – використовують традиційні джерела енергії, які мають абсолютно керований процес генерування;

відновлювальні джерела з керованим генеруванням – використовують відновлювальні ресурси та мають стабільне генерування протягом встановленого проміжку (біогазові установки, малі гідроелектростанції тощо);

відновлювальні джерела з слабо-керованим генеруванням – використовують відновлювальні ресурси, але генерування відрізняється залежно від часу доби та погодних умов (СЕС та вітрові електростанції).

У силу своїх переваг, відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) мають ряд недоліків. Зокрема, нестабільне генерування ВДЕ електроенергії через залежність від погодних умов, сприяє необхідності вдосконалення релейних систем захисту та автоматики з метою узгодження електропостачання від ВДЕ та живильних підстанцій електроенергетичної системи [3]. У свою чергу, вплив ВДЕ на енергетичні мережі залежить від сумарного розосередженого генерування в ній та типу відновлювальних джерел енергії.

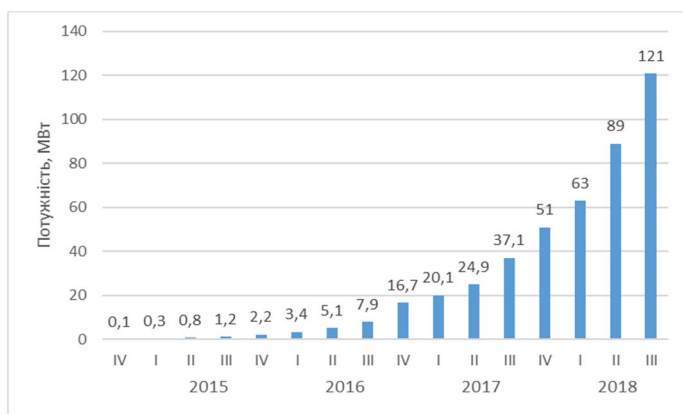


Рис. 1. Встановлена потужність сонячних електростанцій в Україні за 2014-2018 рр. у МВт

Зіставлення графіків генерування сонячними та вітроелектростанціями дає зрозуміти, що вони мають досить низьку «стабільність» роботи і не дозволяють забезпечити добрий баланс потужності у електричній мережі.

Баланс потужності сонячних та вітроелектростанцій можна віднести до умовно регульованих джерел, тобто джерел з теоретичною можливістю зміни генерування в межах природних можливостей.

Але, в разі використання такого підходу, економічна ефективність використання ВДЕ різко знижується. Слід зазначити, що важливим напрямом впливу на втрати електроенергії у РЕМ є відновлювальні джерела енергії. Зокрема, на значення втрат впливають схеми приєднання ВДЕ, обсяг та графік споживання суміжних навантажень.

Головною особливістю сучасних досліджень у даному напрямі є вдосконалення існуючих та розробка нових схем приєднання та алгоритмів роботи ВДЕ до РЕМ, які суттєво відрізняються впливом на потоки потужності, і відповідно, на втрати потужності і електроенергії в ме-

режі. Досить важливою задачею є прогнозування кількості виробленої енергії сонячними електростанціями на основі використання сучасних інформаційних технологій. Це у свою чергу дозволяє виконувати прогноз обсягу виробленої енергії як за окремим ВДЕ домогосподарств так і за цілими їх об'єднаннями (районами). Отримана інформація в межах реалізації концепції розумних мереж (Smart Grid) дозволить впливати на ланки розподілу ліній електричних передач (ЛЕП), зокрема стратегій керування, експлуатації та планування структури та режимів їх роботи.

Головним недоліком існуючих методів, розробок та технологічних рішень, щодо аналізу роботи СЕС, є те що вони враховують тільки індивідуальні конструктивні особливості сонячних панелей та вимагають наявності спеціалізованих кошовних датчиків для аналізу сонячної інсоляції. У свою чергу це не дає можливості отримувати більш точнішого прогнозу ефективності роботи сонячних панелей, наприклад, із врахуванням попередніх років роботи, і прогнозування на більш великі терміни часу.

Аналіз досліджень і публікацій. На сьогоднішній день технології прогнозування генерації електроенергії СЕС є необхідною складовою для систем типу SmartGrid. Точне прогнозування дозволяє збільшити долю генерації в загальну енергосистему на основі більшої визначеності об'ємів енергії від ВДЕ.

Для постачальників та виробників електроенергії досить важливими є прогнози спожитої та виробленої енергетичної потужності на період від декількох хвилин до 1 години (оперативні) та від декількох годин до декількох днів (короткострокові). Існуючі методи та способи прогнозування в залежності від розрахункових модулів діляться на фізичні та статичні (рис. 2) [2-5].

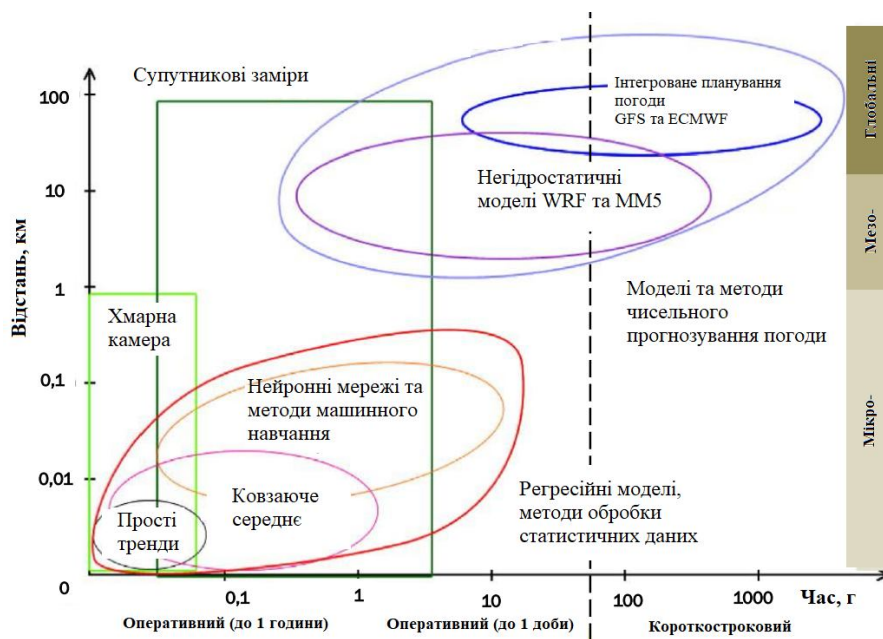


Рис. 2. Сезонна зміна добового графіку роботи СЕС

Слід зазначити, що для глобальних прогнозів існують три атмосферні моделі: GFS, GEM та ECMWF. GFS модель призначена для прогнозування на горизонтах до 16 днів, розроблена урядовою організацією National Weather Service, що входить до складу NOAA (США). Модель GEM розроблялася канадською організацією Canadian Meteorological Centre, виконує прогнози до 10 днів. Остання, ECMWF модель має назву, що збігається з назвою європейської міжурядової організації, до складу якої входять 20 країн Європи [2, 3]. Регіональні NWP прогнози мезомасштаба в даний час найчастіше виконуються за допомогою пакетів з відкритим кодом WRF, або комерційних пакетів MASS, ARPS. WRF - це результат багаторічного проекту, який підтримується дослідними інститутами і агентствами. Для цілей відновлюваної генерації найбільш підходять пакети ARW і NMM які входять до складу WRF.

Фізичне прогнозування може комбінуватися зі статистичними. Найчастіше, це обробка вихідних NWP даних яка використовує метод MOS. Даний метод дозволяє зменшити помилки фізичної моделі прогнозу, однак MOS не завжди застосовується, оскільки він вимагає опера-

вної підтримки метеорологічної служби. Також, слід зазначити що фізичне прогнозування краще використовувати на горизонтах від декількох годин до декількох днів, оскільки воно включає просторові і тимчасові фактори в рамках загальної гідродинамічної моделі. Незважаючи на точність фізичного підходу, йому властиві деякі обмеження, а саме: недостатність експертних даних для калібрування і параметризації, а також не дуже високий дозвіл при великій площі та труднощі при урахуванням топографії.

У статистичному підході безліч енергетичних залежностей і метеорологічних процесів точно не аналізуються, проте встановлюється зв'язок між «історичними» даними щодо виробленої енергії і погодою. На основі такої статистичного зв'язку складається прогноз про роботу СЕС. До статистичних відносяться авторегресійні методи, методи змінного середнього, авторегресійні моделі змінного середнього, авторегресійна інтегрована модель змінного середнього, а також методи, засновані на фільтрах Кальмана, гаусових процесів та ін. Оскільки погода відносно швидко змінюється в часі, статистичні моделі, як правило, ефективні для дуже короткострокових прогнозів (1-3 години).

Слід зазначити, що у світовій сонячній енергетиці прогнозування вироблення сонячної енергії на короткі терміни не має відпрацьованої та випробуваної технології і досить часто пов'язане із великими похибками прогнозу, які можуть становити до 60-65% [2, 6-8]. При цьому, чим більший період та площа прогнозу тим більш точно можна спрогнозувати результат генерації [4]. В межах світової сонячної енергетики прогнози обсягів генерації виконуються кількома великими компаніями, розташованими в США (Clean Power Research, Windlogic Inc), в Німеччині (WEPROG), в Іспанії (IRSOLAV) і в Норвегії (DNV-GL)[2, 9-11].

Постановка завдання. Науковою задачею виконуваних досліджень є розробка інформаційної системи прогнозу кількості виробленої енергії СЕС на основі використання математичного апарату нейро-нечітких мереж, з метою визначення прогнозованих об'ємів виробленої електроенергії на короткострокові періоди часу. Задача є актуальною, оскільки її вирішення забезпечить підвищити точність прогнозування ефективності роботи СЕС з метою надання оперативної інформації до мережі Smart Grid.

Викладення матеріалу та результати. Пропонується структура процесу інтелектуального контролю та моніторингу роботи сонячних електростанцій для приватних домогосподарств, яка дозволяє виконувати моніторинг поточного стану енергосистеми приватного домогосподарства, а саме: моніторинг і прогнозування споживання та видобутку електроенергії [6-8]. Ядром системи є експертна система, яка являє собою блок управління, який «навчається» протягом усієї своєї роботи. Тобто поповнює або коригує свою базу знань залежно від змін внутрішніх або зовнішніх факторів приміщення, обліку днів тижня або сезону року, в якому вона працює. У якості вхідних параметрів обираються значення напруги та струму живлення.

Логіко-функціональна схема роботи експертної системи представлена на рис. 3. Для реалізації блоку «Логічний висновок і формування керуючої інформації» запропоновано використовувати адаптивну систему нейро-нечіткого виводу. Дана система дозволяє автоматично формувати прогноз щодо спожитої та виробленої енергії і додатково формувати керуючу інформацію для регулювання та балансування навантаження споживача залежно від значень виробленої енергії фотоелектричними елементами. Моделювання процесів управління виконано в середовищі MatLab з пакетом розширення Fuzzy Logic Toolbox [5, 6].

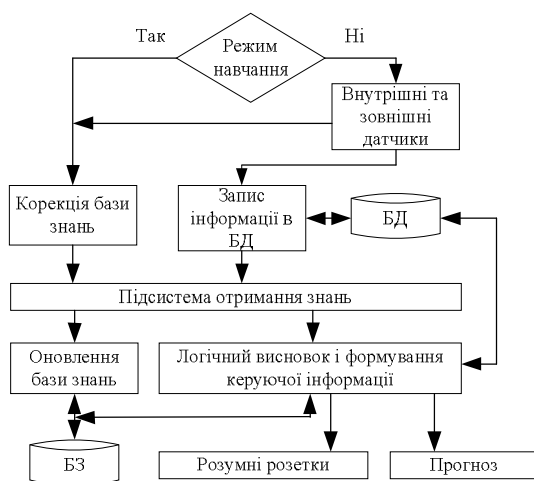


Рис. 3. Логіко-функціональна схема роботи інформаційної системи прогнозування продуктивності СЕС

Блок «Логічний висновок і формування керуючої інформації» може формувати керуючий вплив на електричні побутові прилади, наприклад на основі використання розумних розеток, з метою збалансування використання електроенергії в моменти максимального вироблення електроенергії фотоелектричними елементами. Також до головних функцій блоку можна віднести формування прогнозу спожитої та виробле-

ної енергії на певний період, зокрема на добу, тиждень або місяць.

Блок «Логічний висновок і формування керуючої інформації» містить систему нечіткого виводу. Дана система представлена у вигляді нейро-нечіткої п'ятишарової мережі прямого поширення помилки. Мережа реалізує систему нечіткого виводу типу Сугено нульового порядку та має такі вхідні змінні: IVG – пора року; IT – місцевий час; ICO – локальний прогноз погоди; ICP – температура оточуючого середовища; IEI – кількість споживаної енергії у відсотках; IEO – кількість виробленої енергії у відсотках. Виходом мережі є дві лінгвістичні змінні OU та OP, які залежно від значень вхідних змінних формують керуючу інформацію для виконавчих пристроїв, тобто включення/вимикання побутової техніки та прогнозу за кількістю виробленої енергії для системи EMS.

Для лінгвістичної оцінки вхідної змінної IVG використовується чотири терми, для змінної IT – 6 термів, для змінної ICO – 5 термів, для змінної ICP – 5 термів, для змінної IEI – 10 термів, для змінної IEO – 10 термів. У якості терми-множини першої лінгвістичної змінної IVG використовується множина TIVG={«зима», «весна», «літо», «осінь»}, яка записується в символічному вигляді як TIVG={IVGZ1, IVGL2, IVGL3, IVGL4}. У якості терми-множини другої лінгвістичної змінної IT використовується безліч TIT = {«ранній ранок», «ранок», «полудень», «вечір», «пізній вечір», «ніч»}, яке записується в символічному вигляді як TIT={ITR, ITU, ITP, ITV, ITPV, ITN}. У якості терми-множини третьої лінгвістичної змінної ICO використовується множина TICO={«дощ», «пасмурно», «хмарно», «з проясненнями», «сонце»}, яка записується в символічному вигляді як TICO={ICOH, ICOP, ICOK, ICOJ, ICON}. У якості терми-множини четвертої лінгвістичної змінної ICP використовується множина TICP={«холодно», «прохолодно», «комфортно», «жарко», «дуже жарко»}, яка записується в символічному вигляді як TICZ = {ICZH, ICZP, ICZK, ICZJ, ICZN}. У якості терми-множини п'ятої лінгвістичної змінної IEI використовується множина TIEI={«10 %», «20 %», «30 %», «40 %», «50 %», «60 %», «70 %», «80 %», «90 %», «100 %»}, яка записується в символічному вигляді як TIEI={IEI1, IEI2, IEI3, IEI4, IEI5, IEI6, IEI7, IEI8, IEI9, IEI10}. У якості терми-множини шостої лінгвістичної змінної IEO використовується множина TIEO={«10 %», «20 %», «30 %», «40 %», «50 %», «60 %», «70 %», «80 %», «90 %», «100 %»}, яка записується в символічному вигляді як TIEO = {IEO1, IEO2, IEO3, IEO4, IEO5, IEO6, IEO7, IEO8, IEO9, IEO10}. Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної OU становить множину значень для розумних розеток побутових пристроїв TOU={Uj}, j=1,.. 3. Залежно від отриманих значень можна виділити такі режими розумних розеток: U1 – виключити розетку; U2 – включити розетку; U3 – нічого не робити. Терм-множина вихідної лінгвістичної змінної OP становить множину значень для визначення відносної кількості виробленої енергії, яка залежить від генеруючої потужності фотоелектростанції і є індивідуальним значенням для кожної MICRO GRID: TOP={Uj}, j=1,..11. Залежно від отриманих значень можна виділити такі потужності виробленої енергії: U1 – 0 %, U2 – 10 %, U3 – 20 %, U4 – 30 %, U5 – 40 %, U6 – 50 %, U7 – 60 %, U8 – 70 %, U9 – 80 %, U10 – 90 %, U11 – 100 %.

Програмна реалізація нейро-нечіткої мережі отримана в математичному пакеті Matlab Fuzzy Logic з використанням програмної m-функції ANFIS, де у якості вхідних змінних було використано: IVG, IT, ICO, ICP, IEI, IEO, а у якості вихідних OU та OP. У якості алгоритму навчання мережі ANFIS для визначення параметрів функції належності було вибрано метод зворотного поширення помилки, заснований на градієнтному методі найшвидшого спуску.

Процес заповнення бази даних (БД) експертної системи відбувається в декілька кроків. Першим кроком є запис значень спожитого та виробленого струму, значення температури, пори року та часу до БД протягом деякого часу T. Час T обирається відповідно до вимог EMS і може сягати від доби до місяця.

Приклад значень БД експертної системи представлено у таблиці 1, і відповідно структура таблиці відповідає першій нормальній формі.

Завданням підсистеми придбання знань є оновлення бази знань на основі отриманої інформації з датчиків. Слід зазначити, що експертна система може бути в стані навчання і в звичайному стані. Метою режиму навчання є формування блоком логічного виводу керуючої інформації для виконавчих пристроїв та прогнозу для системи EMS.

Висновки та напрямок подальших досліджень. В результаті досліджень було проведено моделювання роботи системи на основі запропонованого підходу. Зокрема, моделювалася ситуація наявності однієї фотоелектричної панелі потужністю 250 Вт, у якості навантаження обиралися значення в межах 2.5 кВт. Слід зазначити, що значення потужностей одержуються в результаті використання датчиків струму, прогноз погоди отримується на основі використання поточних значень температури та тиску.

Навчальна вибірка отримана на основі використання методу Монте-Карло. Структура навчальної вибірки відповідає структурі БД експертної системи та наведена у табл. 1. Обсяг навчальної вибірки склав 17280 записів, із розрахунку, що моделювалася робота системи протягом 12 днів з інтервалом дискретизації 1 хв.

Інформаційна інтелектуальна система прогнозування кількості виробленої енергії використовує блок нейро-нечіткого виводу з метою надання оперативної та більш точної (похибка в межах 4-5 %) інформації для системи EMS. Початкове значення кроку навчання в напрямку антиградієнта критерію E при зміні параметрів функції належності задано рівним $\alpha=10^{-4}$. Допустима зміна величини кроку за одну ітерацію – 14 %. Для навчання мережі значення критерію навчання, в середньому, становить $E=2,037$, після 500 ітерацій – $E=0,138$.

Головною особливістю запропонованої структури інформаційної системи є те що вона може бути частиною мережі SMART GRID. Автоматичне створення прогнозу виробленої енергії дає можливість виконувати управління побутовими приладами. У результаті чого в період часу, коли відбувається період збільшення або зменшення видобутку енергії, інформаційна система здатна зменшити витрати використовуваного енергетичного ресурсу за рахунок управління роботою побутовою технікою.

Список літератури

1. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф [Електронний ресурс] / Офіційний сайт державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. -Київ, 2019.-Режим доступу: <http://sae.gov.ua/sites/default/files/VDE.pdf>.
2. **Гаевский А.Ю.** Прогнозирование мощности ФЭС на основе спутниковых данных / **А.Ю. Гаевский, О.В. Мельник** // Матеріали XIV Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття», Крим. 16-20 вересня 2013. – с. 248-249.
3. Прогнозування роботи сонячної електростанції [Електронний ресурс] / Офіційний сайт компанії Rentechno.-Київ, 2019.- Режим доступу: <https://rentechno.ua/blog/solar-pv-forecast.html>
4. Сучасний стан енергоменеджменту в Україні [Електронний ресурс] / Офіційний сайт Українського фонду соціальних інвестицій.-Київ, 2015.-Режим доступу: www.usif.org.ua.
5. **Кузнєцов Д.І.** Експертна система розпізнавання дефектів електрообладнання / **Д.І. Кузнєцов, А.І. Купін**//Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг: зб. матеріалів III всеук. наук.-техн. конф. 2012р.- Донецьк.: ДонНТУ,2012.-С.185-187.
6. **Кузнєцов, Д. І.** Інформаційна система енергоменеджменту побутової техніки у системах типу «Інтелектуальний Дім»[Текст]/ **Д. І. Кузнєцов, І.О. Музика** //Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2017. – №45. – С. 33–38.
7. **Кузнєцов Д.І.** Структура експертної системи моніторингу поточного стану електрообладнання / **Д.І. Кузнєцов, А.І. Купін** // Стратегія якості в промисловості та освіті: IX міжнар. наук.–практ. конф. 2013р.: тези доповідей. Варна, 2013. – С.333–335.
8. **Денисюк С. П.** Аналіз проблем впровадження віртуальних електростанцій [Текст] / **С. П. Денисюк, Д. С. Горенко** // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2016. – №2. – С. 25–33.
9. Lasserter, R. Microgrid: A Conceptual Solution [Електронний ресурс] / R. Lasserter, P. Piagi // PESC'04 Aachen, Germany. – 2004. – Режим доступу: URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.374.8193&rep=rep1&type=pdf>.
10. **Кечкин, А. Ю.** Вопросы создания виртуальных электростанций в масштабе Micro-Grid [Текст]/ **А. Ю. Кечкин, Е. Н. Соснина, А. В. Шалухо** // Вестник НГИЭИ. – 2015. – С. 50–55.
11. **Wen, C.** Droop Control of Parallel Dual-Mode Inverters Used in Microgrid [Електронний ресурс] / **C. Wen, Z. Liu, Z. Li** // International Conference on Power Electronics and Energy Engineering. –2015.– Режим доступу: URL: http://www.atlantis-press.com/php/download_paper.php?id=24810

Рукопис подано до редакції 10.04.2019