

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ МАКРОМОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВИ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

П.Д. Лежнюк^{1*}, докт.техн.наук, А.С. Бондарчук^{2**}, канд.техн.наук, О.П. Гоголюк^{3***}, канд.техн.наук

¹ Вінницький національний технічний університет,
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна.

E-mail: lezhpd@gmail.com

² Одеський національний політехнічний університет,
просп. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна.

E-mail: asb@te.net.ua

³ Національний університет «Львівська політехніка»,
вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна.

E-mail: oph@polynet.lviv.ua

Запропоновано застосування методу однофакторного макромодельовання для аналізу графіків електроспоживання багатоквартирних будинків, що створює основу для їхнього прогнозування на різні часові інтервали. Переваги методу полягають в тому, що він дає змогу з точністю, достатньою для практичного застосування, створювати детерміністичні моделі електроспоживання на базі вихідної інформації без необхідності її попередньої обробки. Бібл. 10, рис. 5.

Ключові слова: макромодельовання, дискретна макромодель, детерміністична модель, електроспоживання, прогнозування, багатоквартирний будинок.

Загальновідомо, що для виконання умов достовірності математичні моделі електроспоживання багатоквартирних будинків повинні враховувати: передісторію процесу, зміни астрономічних факторів (коливання тривалості світлової частини доби), які спричиняють зміни астрономічної складової електричного навантаження, вплив зовнішніх факторів і атмосферних проявів, сезонності навантаження мережі та фактор розпорядку дня населення, що впливає на динаміку навантаження через режими роботи побутових електроприймачів (ЕП). Високу ефективність показали ієрархічні багатофакторні моделі електричного навантаження, побудова яких вимагає адитивного розкладу сумарного навантаження із виділенням фактичного навантаження об'єктів для кожної години кожної доби, базових та тижневих компонент, які описують відповідні коливання електричного навантаження, а також врахування метеорологічних компонент [1, 2]. Застосування згаданих підходів є утрудненим через нелінійні та складні співвідношення між навантаженнями, випадкові впливи й інші фактори, від яких воно залежить, та громіздку процедуру математичного опису. У зв'язку з цим пропонується застосування макромодельовання для вирішення задачі моделювання електричного навантаження цивільних об'єктів із можливістю врахування всіх впливів на його формування, що складно піддаються математичному опису та числовому визначенню в традиційних моделях [3–5]. Електричне навантаження житлових будинків є випадковим і складається з навантаження квартирних та загальнобудинкових ЕП. На величину споживання електроенергії суттєво впливають найбільш потужні ЕП повсякденного користування населенням. До них належать кондиціонери, пральні і посудомийні машини, нагрівальні електроприлади та інші ЕП [6]. Аналіз графіків навантаження свідчить про складність

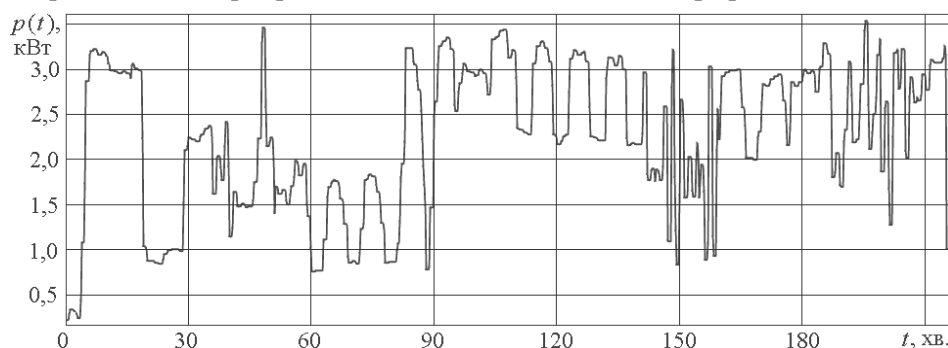


Рис. 1

процесів в електричній мережі, які визначають динаміку електричних навантажень у колах живильних ліній, ЕП. Наприклад, на рис. 1 за результатами вимірювань аналізатором якості Elspec G4500 показано реальний графік електричного навантаження квартири з газовою плитою і

© Лежнюк П.Д., Бондарчук А.С., Гоголюк О.П., 2019

ORCID ID: * <https://orcid.org/0000-0002-9366-3553>; ** <https://orcid.org/0000-0003-1232-5403>;

*** <https://orcid.org/0000-0003-2146-4667>

характерним набором побутових ЕП протягом 3 год 45 хв вечірнього часу робочого дня (час 0 умовно приймається за 17 год 20 хв).

Різноманітність потужності ЕП, режиму їхньої роботи та інші фактори утруднюють задачу передбачення електричного навантаження на різні часові інтервали. Разом із тим, прогнозування електричного навантаження грає важливу роль у забезпеченні економічності та надійності режимів роботи систем електропостачання. Висока вартість і обмеженість вітчизняних ресурсів первинних джерел енергії та розвиток засобів обчислювальної техніки і систем управління електропостачанням створюють передумови для подальшого розвитку методів прогнозування. Існуючі методи прогнозування не завжди можуть працювати із зашумленими та неповними даними первинної інформації. Проте передбачення електричного навантаження базується на врахуванні певних відомих властивостей прогнозованого процесу [7]. Змінам навантаження притаманні випадковий, імовірнісний характер. Внаслідок цього, природних змін навантаження та впливу стохастичних факторів, строга періодичність у графіках навантаження відсутня. Застосування окремих методів призводить до виникнення значних похибок щодо оцінювання прогнозованих величин. Інші через труднощі математичного апарату не отримали широкого застосування для розв'язування практичних задач електроенергетики.

Ураховуючи зазначене, **мета роботи** полягає у демонстрації переваг методу макромодельовання перед іншими методами, що базується на детерміністичній моделі електроспоживання, для аналізу та застосування його як основи для прогнозування електроспоживання саме багатоквартирних будинків, яке залишається поза достатньої уваги, на відміну від таких численних досліджень щодо промислових підприємств та прогнозу електричного навантаження енергосистем [8, 9].

Базові методи прогнозування електричного навантаження будь-яких об'єктів забезпечують отримання якісної та кількісної інформації про процес. У зв'язку з цим вони дають змогу використовувати квалітативні (якісні) та квантитативні (кількісні) процедури прогнозування, що в першому випадку передбачає використання як математичного апарату ранжування та узагальнену думку експертів, а в другому – статистичний аналіз, нейронні мережі та аналіз часових послідовностей.

Досі прогнозування електроспоживання, зазвичай, здійснюється на основі методу експертного оцінювання, що не завжди може забезпечити необхідну точність прогнозу. Для здійснення прогнозування в якісному вигляді використовують метод узагальненого передбачення та евристичні методи прогнозування.

Залежно від застосовуваного методу кількісне прогнозування електроспоживання може бути змодельоване як детермінований процес чи процес з імовірнісним характером електроспоживання. Для кількісного прогнозування своє застосування знайшли методи використання стаціонарної моделі навантаження, математичні методи часової екстраполяції, а також логічні та структурні методи штучного інтелекту. Регресійні методи залишаються найбільш застосовуваними для довготермінового прогнозування через свою простоту та достатню точність у часовій області, особливо, коли є значний часовий діапазон. Короткотермінове прогнозування вимагає більш складних методів, із застосуванням комп'ютеризованих методів навчання. Застосування методу макромодельовання як основи прогнозування передбачає використання для побудови дискретних макромоделей за попередній період без поетапного оброблення апріорної інформації, що є перевагою методу перед іншими [3].

Новими підходами щодо прогнозування є методи нечіткої логіки та нейронних мереж. Вони передбачають використання апріорної інформації щодо дискретних макромоделей за попередній період та дають змогу врахувати нові дані під час побудови адитивної моделі та властивості модельованого процесу. Також можуть використовувати попередньо відому інформацію, піддаються навчанню і є достатньо наочними для спостерігача.

Під час вибору форми прогновної моделі може стати основою математичне макромодельовання із використанням дискретних автономних макромоделей. Математичні макромоделі у формі змінних стану зручні для комп'ютерного моделювання, не мають жодних обмежень стосовно модельованих елементів, не вимагають дотримання умов фізичної реалізації, як це характерно для традиційних заступних схем, а наявні методи ідентифікації структури і параметрів таких моделей на основі відомих перехідних характеристик, отриманих як експериментально, так і обчисленням, уможливають їхню побудову.

Методика макромодельовання дає змогу вилучити із математичної моделі досліджуваної системи низку змінних, визначення числових значень яких є утрудненим, що в результаті істотно спрощує саму модель і пришвидшує обчислення.

Через необхідність застосування дискретних відліків, доречним є застосування макромоделі електроспоживання багатоквартирного будинку у такому вигляді:

$$\begin{cases} \bar{x}^{(k+1)} = \mathbf{F}\bar{x}^{(k)} + \mathbf{G}\bar{v}^{(k)} + \bar{\Phi}(\bar{x}^{(k)}, \bar{v}^{(k)}), \\ \bar{y}^{(k+1)} = \mathbf{C}\bar{x}^{(k+1)} + \mathbf{D}\bar{v}^{(k+1)} \end{cases}, \quad (1)$$

де $\bar{x}^{(k)}$ – вектор змінних стану; $\bar{v}^{(k)}$ – вектор вхідних змінних; $\bar{y}^{(k+1)}$ – вектор вихідних змінних; $\mathbf{F}, \mathbf{G}, \mathbf{C}, \mathbf{D}$ – матриці та $\bar{\Phi}$ – нелінійна вектор-функція, що підбираються з застосуванням оптимізаційних алгоритмів апаратно-вимірювального комплексу (АВК); k – порядковий номер дискрети.

У даному випадку як АВК для отримання даних електроспоживання 216-квартирного будинку використано автоматизовану систему комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [10]. Векторами вхідних та вихідних величин є дані, отримані з використанням АВК на вході та виході об'єкта, який розглядається як «чорна скринька».

Процедура побудови макромоделі відбувається у такій послідовності [3]:

- вибір набору вхідних і вихідних даних й форми шуканої моделі, записаної через невідомі коефіцієнти, яка б достатньо точно описувала об'єкт моделювання;
- створення лінійної макромоделі шляхом оптимізації її коефіцієнтів;
- доповнення лінійної макромоделі нелінійною функцією оптимізаційного вигляду;
- проведення остаточної оптимізації макромоделі, де процедурі оптимізації підлягають усі коефіцієнти;
- перевірка отриманої нелінійної макромоделі на незалежному наборі тестових експериментальних даних.

Процес відбувається на основі реєстрованих характеристик споживання електроенергії шляхом використання однорідних диференціальних чи різницевих рівнянь стану у такому вигляді:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{x}}{dt} = \bar{f}(\bar{x}) \\ \bar{y} = \bar{g}(\bar{x}) \end{cases}, \quad \begin{cases} \bar{x}^{(k+1)} = \bar{f}(\bar{x}^{(k)}) \\ \bar{y}^{(k+1)} = \bar{g}(\bar{x}^{(k)}) \end{cases}, \quad (2,3)$$

де \bar{x} – вектор змінних стану; \bar{y} – вектор вихідних змінних; $\bar{f}(\cdot), \bar{g}(\cdot)$ – вектор-функції, що підбираються з застосуванням оптимізаційних алгоритмів.

Оскільки у разі побудови моделі електроспоживання вектор вхідних змінних явно відсутній, розглядаємо випадок, коли початкове значення змінних стану модельованого об'єкта є нульовим.

Виберемо форму опису макромоделей у такому вигляді:

$$\begin{cases} \bar{x}^{(k+1)} = \mathbf{F}\bar{x}^{(k)} + \Phi(\bar{x}^{(k)}, \bar{v}^{(k)}) \\ \bar{y}^{(k+1)} = \mathbf{C}(\bar{x}^{(k+1)}) \end{cases}. \quad (4)$$

де \mathbf{F}, \mathbf{C} – матриці, що підбираються з використанням оптимізаційних алгоритмів; $\Phi(\bar{x}^{(k)}, \bar{v}^{(k)})$ – нелінійна функція векторів \bar{x}, \bar{v} ; k – номер дискрети.

Початковий стан модельованого об'єкта описується нульовою дискретою вектора змінних стану $\bar{x}^{(0)}$. Компоненти цього вектора повинні додатися до набору невідомих коефіцієнтів моделі $\bar{\lambda}$.

Проте $\bar{x}^{(0)}$ не можна просто ввести в набір параметрів моделі, оскільки для кожного динамічного процесу буде своє незалежне значення $\bar{x}^{(0)}$.

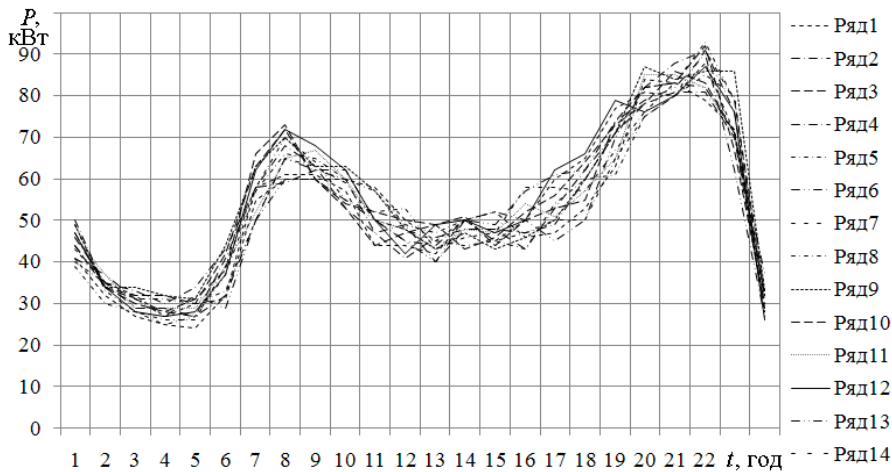


Рис. 2

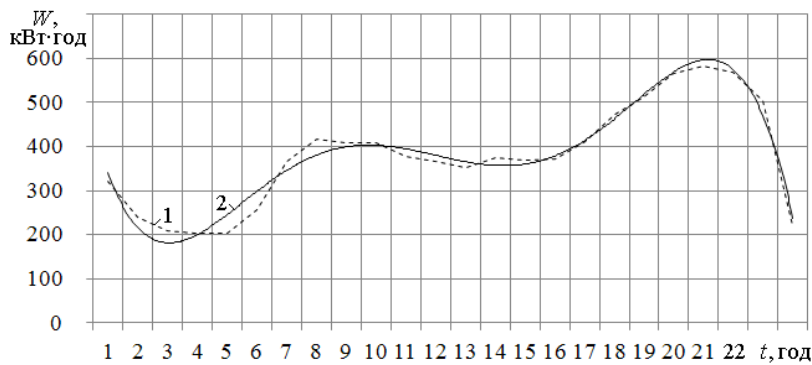


Рис. 3

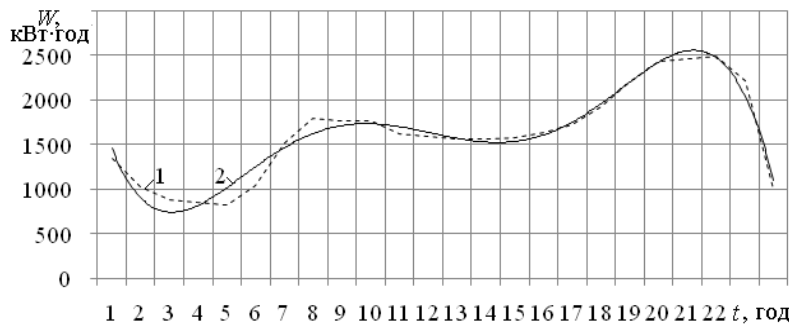


Рис. 4

де l – кількість дискрет, що використовують для знаходження нульової дискрети вектора \vec{x} .

Оптимізаційний підхід завдяки універсальності щодо форми представлення макромоделей може бути використано для знаходження додаткових залежностей. Це означає, що елементи вектора $\vec{x}^{(0)}$, додані до невідомих коефіцієнтів $\vec{\lambda}$, необхідно замінити на коефіцієнти виразу (5). При цьому отримаємо

$$\begin{cases} \vec{x}^{(k+1)} = \mathbf{F} \vec{x}^{(k)} + \Phi(\vec{x}^{(k)}) \\ \vec{y}^{(k+1)} = \mathbf{C} \vec{x}^{(k+1)} \\ \vec{x}^{(0)} = \vec{f}(\vec{y}^{(1)}, \vec{y}^{(2)}, \dots, \vec{y}^{(l)}) \end{cases}, \quad (6)$$

що сприятиме апробації математичної макромоделі електроспоживання об'єкта.

З метою перевірки працездатності запропонованого підходу побудовано макромодель добового електроспоживання 216-квартирного житлового будинку на основі даних добового електричного

Щоб врахувати цей факт, треба розділити вектор невідомих коефіцієнтів $\vec{\lambda}$ на дві частини: першу, в яку входять коефіцієнти, однакові для усіх процесів, і другу – з незалежним набором елементів вектора $\vec{x}^{(0)}$ для кожного процесу, що збільшує невідому кількість коефіцієнтів і ускладнює оптимізаційну задачу.

У разі використання запропонованої макромоделі виникає проблема визначення нульової дискрети вектора \vec{x} , оскільки компоненти цього вектора, як правило, безпосередньо не вимірюються експериментально, а визначаються через певні значення вихідних елементів \vec{y} . У загальному випадку це означає, що треба додатково знайти лінійну чи нелінійну залежність вектора $\vec{x}^{(0)}$ від експериментально вимірюваних величин \vec{y} . У задачах прогнозування ця залежність будується як функція кількох перших дискрет вихідних величин так:

$$\vec{x}^{(0)} = \vec{f}(\vec{y}^{(1)}, \vec{y}^{(2)}, \dots, \vec{y}^{(l)}), \quad (5)$$

навантаження за 2 тижні жовтня місяця 2017 року, де номер ряду відповідає порядковому номеру дня цього місяця (рис. 2).

Дискретну макромодель електроспоживання будинку створено у такому вигляді:

$$\begin{cases} \bar{x}^{(i+1)} = \mathbf{F} \bar{x}^{(i)} \\ \bar{y}^{(i+1)} = \mathbf{C} \bar{x}^{(i+1)} \end{cases} \quad (7)$$

Початкове значення змінних стану визначалося на основі лінійної залежності від рівня споживання електроенергії 9-ти поверховим багатоквартирним будинком у довільно вибраному часі, а саме о 8, 13 та 22-й годині

$$\bar{x}^{(0)} = \mathbf{S} \begin{pmatrix} y_8 \\ y_{13} \\ y_{22} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Коефіцієнти матриць \mathbf{F} , \mathbf{C} , \mathbf{S} макромоделі у стрічковому вигляді отримано такі:

– матриця \mathbf{F} : [1.0871, -0.3336, 0.3777, -0.4018, 1.0648, 0.3031, -0.0340, -0.1624, 0.1795, 0.9370, 0.3278, 0.3991, 0.2344, 0.7090, 1.0619];

– матриця \mathbf{C} : [-0.6564, 0.3965, 0.0359, 0.4721];

– матриця \mathbf{S} : [-0.1302, 0.2074, -0.6485, 0.3443, 0.0820, 0.0833, 0.5044, 0.2064, -0.3413, -0.0997, -0.3074, -0.06894].

Результати апробації макромоделі тижневого та місячного електроспоживання 9-поверхового 216-квартирного будинку за відповідної ретроспективної інформації АСКОЕ наведено на рис. 3, 4.

Результати річної макромоделі електроспоживання житлового будинку отримують із застосуванням моделі, яка має такий вигляд:

$$\begin{cases} x_1^{(k+1)} = 0.4067x_1^{(k)} + 0.53x_4^{(k)} \\ x_2^{(k+1)} = 0.6673x_2^{(k)} - 5.19 \cdot 10^{-3} x_1^{(k)} \cdot x_3^{(k)} - 5.07 \cdot 10^{-3} x_2^{(k)} \cdot x_4^{(k)} \\ x_3^{(k+1)} = 0.2223x_3^{(k)} + 0.813 \cdot 10^{-3} (x_2^{(k)})^2 - 0.0794 \cdot x_2^{(k)} x_4^{(k)} + 0.316x_2^{(k)} \cdot x_3^{(k)}; \\ x_4^{(k+1)} = -0.5406x_1^{(k)} + 0.432x_4^{(k)} - 0.1369 \cdot x_2^{(k)} x_3^{(k)} \\ \bar{y}^{(k+1)} = 0.28x_1^{(k)} + 0.9826x_2^{(k)} + 0.5851x_4^{(k)} \end{cases} \quad x^{(0)} = \begin{pmatrix} 0.17 \\ 0.98 \\ -1.09 \\ 0.145 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Графічне представлення динаміки річного електроспоживання будинку, яка відтворена макромоделью, що позначена суцільною лінією (—), за апіорної інформації, що позначена штрихпунктирною лінією (---) за 2017–2018 рр., показано на рис. 5.

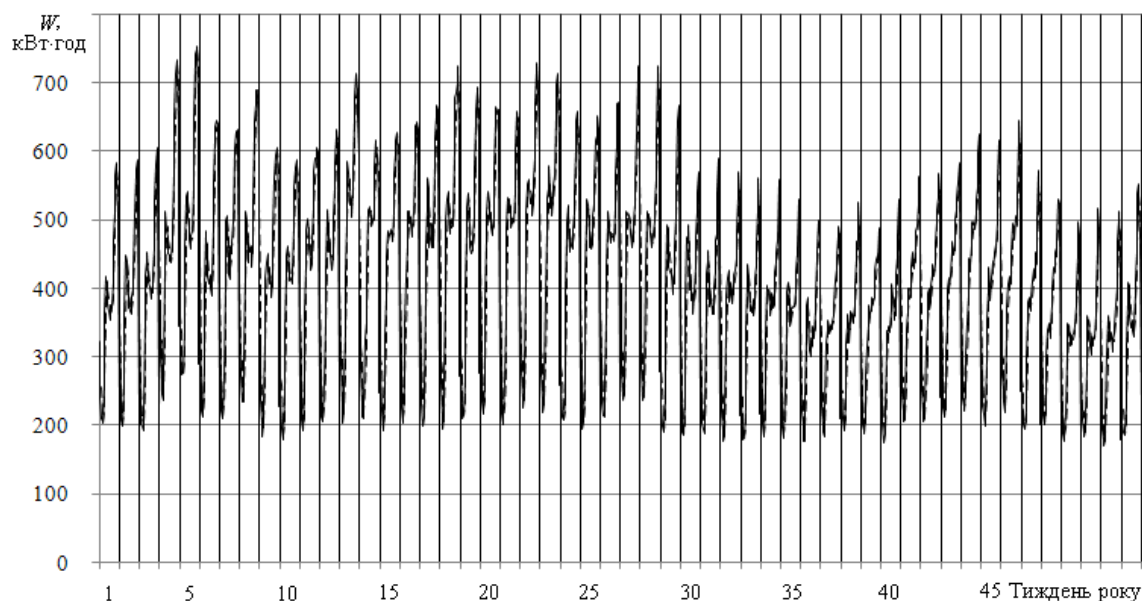


Рис. 5

Середньоквадратичне відхилення поведінки макромоделі та модельованого об'єкта визначається так:

$$Q_i(\bar{\lambda}) = \frac{1}{N} \sum_k^N |\bar{y} - \bar{y}'|^2, \quad (10)$$

де \bar{y} – вектор даних, використаних для побудови макромоделей, \bar{y}' – реакція макромоделі на вхідне збурення.

Апробація математичної макромоделі електроспоживання 216-квартирного будинку на основі дискретного макромоделювання продемонструвала здатність моделі надавати адекватну інформацію за середньоквадратичної похибки близько 3,1 % та придатність її для практичного застосування.

Аналіз отриманої макромоделі дає змогу оцінити одночасно як місячну, так і сезонну динаміку електроспоживання протягом року та уникнути кризових періодів шляхом узгодження сумісних управлінських дій суб'єктів енергоринку, направлених на мінімізацію їхнього негативного впливу на якість електропостачання, що подається для населення.

Таким чином, отримана наочна динаміка електроспоживання житлового будинку протягом року (рис. 5) може використовуватися разом із апріорними дискретними макромоделями за попередньо накопиченими даними бібліотеки дискретних макромоделей користувача за попередніх 5–10 років для створення адитивної моделі прогнозу електроспоживання на різні часові інтервали. При цьому враховуватиметься інформація щодо зовнішніх факторів, атмосферних проявів, сезонності навантаження мережі та фактору розпорядку дня населення, що впливає на динаміку електроспоживання через режими роботи побутових ЕП.

Застосування результатів макромоделювання електроспоживання сприятимуть підвищенню ефективності управління й якості електропостачання житлових мікрорайонів міста, критерієм якого є швидкість прийняття рішення як із боку енергогенерувальної/енергопостачальної компанії, так і з боку споживача.

Висновки. 1. Через те, що моделювання та прогнозування електричного навантаження об'єктів цивільного призначення є утрудненим через складні нестаціонарні впливи зовнішніх факторів (метеорологічних та сезонних), пропонується альтернатива у вигляді застосування методу однофакторного макромоделювання.

2. Використання макромоделі однорічної передісторії електроспоживання багатоквартирного будинку дає змогу розробити моделі електричного споживання побутових споживачів на різних інтервалах року. Вони можуть сприяти створенню бібліотеки макромоделей користувача за даними багаторічної передісторії для прогнозування на різні часові інтервали з врахуванням зовнішніх факторів.

3. Апробація математичних макромоделей на даних електроспоживання багатоквартирних будинків показала їхню придатність для практичного застосування з середньоквадратичною похибкою, яка не перевищує 5%.

1. Черненко П.О., Мартинюк О.В., Заславський А.І., Мірошник В.О. Багатофакторне моделювання та аналіз електричного навантаження енергосистеми за даними довготривалої передісторії. *Технічна електродинаміка*. 2018. № 1. С. 87–93. DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/techned2018.01.087>

2. Bunn D.W., Farmer E.D. Comparative models for electrical load forecasting. London: John Wiley & Sons, 1985. 197 p. URL: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169-2070\(86\)90116-0](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169-2070(86)90116-0) (11.01.2018)

3. Гоголюк О.П., Козак Ю.Я., Росоловські Є., Стахів П.Г. Підвищення ефективності алгоритмічного забезпечення побудови дискретних макромоделей та їхня адаптація до програм розрахунку електричних кіл. *Технічна електродинаміка*. 2019. № 2. С. 3–6. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2019.02.003>

4 Salinelli E., Tomarelli F. Discrete Dynamical Models. *Springer International Publishing*. Switzerland. 2014. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-88-470-5504-9>

5. John E. Hanke, Dean W. Wichern. Business Forecasting. *Prentice Hall*, 2009. 551 p. URL: https://books.google.com.ua/books/about/Business_Forecasting.html?id=kY2IPwAACAAJ&redir_esc=y (12.01.2018)

6. Бондарчук А.С. Внутрішньобудинкове електропостачання. К.: Освіта України, 2015. 480 с. URL: http://library.lp.edu.ua/opac/page_lib.php?docid=447735&mode=DocBibRecord (12.01.2018)

7. Лежнюк П.Д., Шулле Ю.А. Оперативне прогнозування електричних навантажень систем електроспоживання з використанням їх фрактальних властивостей. *Вінницький Національний технічний університет*. 2015. 104 с. URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12337> (11.01.2018)

8. Коцар О.В., Расько Ю.О., Галабіцький П.М. Підвищення достовірності прогнозування навантаження кінцевих споживачів в РДДБР. *Енергетика*. 2015. № 2. С. 43–52. URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15176> (12.01.2018)

9. Butenko S., Pardalos P.M., Shylo V. Optimization methods and Application. New York: Springer, 2018. 639 p. URL: <https://translate.google.com.ua/translate?hl=ru&sl=en&u=https> (11.01.2018)

10. Коцар О.В. Застосування АСКОЕ для керування режимами електроспоживання в умовах функціонування ринку двохсторонніх договорів та балансуєчого ринку. Київ: Інститут електродинаміки Національної академії наук України, 2010. С. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.0.2014.151996>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ КАК ОСНОВЫ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ МНОГОКВАРТИРНЫХ ДОМОВ

П.Д. Лежнюк¹, докт.техн.наук, А.С. Бондарчук², канд.техн.наук, О.П. Гоголюк³, канд.техн.наук

¹ Винницький національний технічний університет, Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна. E-mail: lezhpd@gmail.com

² Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченко, 1, Одеса, 65044, Україна. E-mail: asb@te.net.ua

³ Національний університет «Львівська політехніка», ул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна. E-mail: oph@polynet.lviv.ua

Предложено применение метода макро моделирования для однофакторного моделирования и анализа суточных графиков бытовых потребителей электроэнергии, который создает основу для их прогнозирования на различные временные интервалы. Преимущество метода состоит в том, что он позволяет с точностью, достаточной для практического применения, создавать детерминистические модели электропотребления на базе исходной информации без необходимости ее предварительной обработки. Библиограф. 10, рис. 5.

Ключевые слова: макро моделирование, дискретная макро модель, детерминистическая модель, электропотребление, прогнозирование, многоквартирный дом.

APPLICATION OF MACROMODELING METHOD AS BASES FOR FORECASTING ELECTRICAL CONSUMPTION OF MULTIFLAT HOUSES

P.D. Lezhniuk¹, A.S. Bondarchuk², O.P. Hoholiuk³

¹ Vinnytsia National Technical University, Khmelnytske shosse, 95, Vinnytsia, 21021, Ukraine. E-mail: lezhpd@gmail.com

² Odessa National Polytechnic University, pr. Shevchenko, 1, Odesa, 65044, Ukraine. E-mail: asb@te.net.ua

³ National University Lviv Polytechnic, str. S. Bandera, 12, Lviv, 79013, Ukraine. E-mail: oph@polynet.lviv.ua

The application of the method of macromodelling is proposed for single-factor modeling and analysis of daily schedules of household electricity consumers, which creates the basis for their prediction at various time intervals. The advantage of the method is that it allows, with an accuracy sufficient for practical application, to create deterministic models of power consumption based on the initial information without the need for its preliminary processing. References 10, figures 5.

Keywords: macromodeling, discrete macromodel, deterministic model, electric power consumption, forecasting, multi-flat house.

1. Chernenko P.O., Martyniuk O.V., Zaslavsky A.I., Miroshnyk V.O. Multifactor modeling and analysis of electrical load of the power system using the data of long-term prehistory. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2018. No 1. Pp. 87–93. (Ukr)

DOI: <http://dx.doi.org/10.15407/techned2018.01.087>

2. Bunn D.W., Farmer E.D. Comparative models for electrical load forecasting. London: *John Wiley & Sons*, 1985. 197 p. URL: [http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169-2070\(86\)90116-0](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0169-2070(86)90116-0) (11.01.2018)

3. Gogolyuk O.P., Kozak Yu.Ya., Rosolovsky E., Stakhiv P.G. Increasing the effectiveness of algorithmic support for the construction of discrete macromodels and their adaptation to the programs of calculation of electric circuits. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2019. No 2. Pp. 3–6. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2019.02.003>

4. Salinelli E., Tomarelli F. Discrete Dynamical Models. *Springer International Publishing*, Switzerland, 2014. 394 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-88-470-5504-9>

5. John E. Hanke, Dean W. Wichern. Business Forecasting. *Prentice Hall*. 2009. 551 p.

URL: https://books.google.com.ua/books/about/Business_Forecasting.html?id=kY2IPwAACAAJ&redir_esc=y (12.01.2018)

6. Bondarchuk A.S. In-house electrical power supply. Kyiv: Osvita Ukrainy, 2015. 480 p. (Ukr)

URL: http://library.lp.edu.ua/opac/page_lib.php?docid=447735&mode=DocBibRecord (12.01.2018)

7. Lezhniuk P.D., Shulle Yu.A. Operational forecasting of electrical loads of power consumption systems using their fractal properties. Vinnytsia: Vinnytskyi Natsionalnyi tekhnichnyi universytet, 2015. 104 p. (Ukr)

URL: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/12337> (11.01.2018)

8. Kotsar O.V., Rasko Yu.O., Galabitsky P.M. Increasing the reliability of forecasting the load of end users in the RSDBR. *Power Engineering*. 2015. No 2. Pp. 43–52. (Ukr) URL: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15176> (12.01.2018)

9. Butenko S., Pardalos P.M., Shylo V. Optimization methods and Application. New York: Springer, 2018. 639 p.

URL: <https://translate.google.com.ua/translate?hl=ru&sl=en&u=https> (11.01.2018)

10. Kotsar O.V. Application of ASCAE for controlling the modes of electricity consumption in the conditions of operation of the market of bilateral agreements and the balancing market. Kyiv: Instytut Elektrodynamiky Natsionalnoi Akademii Nauk Ukrainy. 2010. Pp. 97–102. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.0.2014.151996>

Надійшла 02.03.2018

Остаточний варіант 18.07.2019