

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВАРІАНТІВ ГІБРИДНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Бойко О. В., Шендрик В. В., Парфененко Ю. В., Шендрик С. О.

Сумський державний університет

Запропоновано модель визначення оптимальної структури гібридної енергетичної системи, що дозволяє забезпечити підтримку прийняття рішень при плануванні енергозабезпечення будівель з відновлювальними джерелами енергії.

Постановка проблеми. У сучасній енергетиці актуальним постає питання залучення до видобутку електроенергії відновлювальних джерел енергії (ВДЕ).

Наявність декількох видів ВДЕ, що генерують енергію, а також забезпечення можливості підключення до зовнішньої електричної мережі роблять енергетичні системи гібридними (ГЕСВДЕ).

Хоча використання таких систем приносить значні переваги, однак, важко оцінити, які саме потужності ВДЕ використовувати у системі. При прийнятті рішень на стадіях планування та проектування ГЕСВДЕ виникають проблеми, які обумовлені необхідністю, ще до спорудження системи, враховувати технічні особливості складових об'єктів, економічну доцільність їх експлуатації, недетермінованість процесу генерації електроенергії тощо. Окрім того, висока вартість спорудження ГЕСВДЕ потребує попереднього детального аналізу всіх показників енергоефективності. Це ускладнює процес прийняття економічно обгрунтованого та технічно доцільного рішення відносно планування складових системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно [1] процес планування енергозабезпечення будівель має враховувати:

1. Можливість максимального використання власних відновлюваних енергетичних ресурсів.

2. Можливість досягнення раціонального взаємовідношення між різними типами генеруючих потужностей, які мають покривати дефіцит генерації енергії від кожного з них.

3. Обгрунтування складу генеруючого обладнання з технічної та економічної точок зору, за необхідності необхідно уточнити розміщення нових енергетичних систем, визначити їх значимі параметри враховуючи технічний стан діючих електромереж.

Зазначене вище потребує оперування великою кількістю інформації. Застосування інформаційних технологій при плануванні структури ГЕСВДЕ містить в собі значний потенціал [2]. Впровадження інформаційних систем (ІС) є одним із варіантів оцінки стану прийняття рішень на стадії вибору оптимальної структури ГЕСВДЕ. Інформаційна підтримка цього процесу потребує розроблення відповідних моделей.

В залежності від кількості та виду використовуваних ВДЕ можна виділити наступні напрямки розвитку ІС для застосування їх при плануванні енергозабезпеченні будинків:

– системи визначення оптимального типу ВДЕ в регіоні [3, 4];

– системи для дослідження продуктивності та вибір оптимальної конструкції гібридної системи [5, 6, 7, 8, 9, 10];

– системи прогнозування генерації і споживання електроенергії енергії [11, 3].

Незважаючи на великий вибір ІС для розв'язання окремих задач, сьогодні відсутній єдиний комплексний підхід до вирішення проблеми підвищення якості процесів прийняття рішень при плануванні структури ГЕСВДЕ. Удосконалення інформаційної підтримки процесів прийняття рішень дозволить підвищити ефективність прийнятих рішень щодо планування структури енергосистеми, що, у свою чергу, дозволить у подальшому скоротити витрати на спорудження енергосистеми при забезпеченні достатнього рівня енергоефективності.

Мета статті. Пропонується створити модель багатокритеріальної оцінки альтернатив для підтримки прийняття рішень при визначенні оптимальної конфігурації ГЕСВДЕ на стадії планування для підвищення ефективності рішень в умовах невизначеності.

Основні матеріали дослідження. В загальному випадку, досліджувана енергосистема обслуговує групу будівель, з встановленими власними сонячними панелями. Існує також загальний парк вітряних генераторів разом з банком зберігання енергії. Крім того, існує зв'язок між гібридною системою і зовнішньою мережею для додаткового споживання і продажу надлишків енергії в мережу.

Задачу вибору оптимальної структури ГЕСВДЕ у загальному випадку будемо розглядати в наступній постановці. Задано:

1. Множину елементів системи з ВДЕ, з яких може складатися енергетична система. До них відповідно відносять сонячні панелі, вітрогенератори та акумуляторні батареї:

$$P = \{pv_e\}, W = \{wt_e\}, A = \{ab_e\} \quad e = \overline{1, n}$$

2. Множина

Alternative = $\{i\}$, де $i = \langle pv_a, wt_a, ab_a \rangle$, який характеризує визначену кількість альтернативних варіантів структури енергосистеми, що задаються видом та характеристиками ВДЕ.

3. Множина $K = \{j_m\}$, $m = \overline{1, m}$ визначених критеріїв, згідно яких проходить оцінка альтернатив.

Множина задач визначення оптимальної конфігурації гібридної енергетичної системи містить задачі з визначення функції корисності альтернатив та застосування методів для остаточного ранжування альтернатив з метою визначення оптимальної в межах оціночних сценаріїв. Розрахунки проводяться згідно доби з найгіршими погодними умовами в місцевості (Obj_s).

$$\{Obj_s, K, i, Alternative, EK\} \rightarrow \{i^o, K(i^o)\} \quad (1)$$

Оптимізацію рішення та остаточне ранжування альтернатив пропонується проводити в два етапи:

I етап: провести незалежну оцінку альтернатив в межах соціально-економічного сценарію за показником вартості енергії (COE) та енергоефективного за показником надлишку згенерованої енергії (REPG).

II етап: провести оцінку відібраних на I етапі альтернатив за енергетично-ефективним сценарієм за показником ймовірності втрати живлення (DPSP).

Для вибору єдиного рішення задачі у багатокритеріальній постановці пропонується використати положення теорії корисності, а саме: в межах сценаріїв проводиться оцінка альтернативних структур за множинами критеріїв і здійснюється вибір оптимальних альтернативних структур за загальним значенням функції корисності в межах сценарію. За сценаріями I рівня здійснюється вибір оптимальних альтернативних структур та тих, що близькі до оптимальних, незалежно. Відібрані альтернативні структури після I рівня проходять оцінку в новому (остаточному) сценарії, де вирішується оптимізаційна задача II рівня.

Математична модель задачі вибору оптимальної структури системи за соціально-економічним сценарієм може бути представлена у вигляді:

$$\begin{cases} COE(s) \rightarrow \min_{s \in S} \\ REPG(s) \leq REPG^* \\ COE(s) \leq COE^* \\ i_o \rightarrow \arg \max(R_i(z)) \end{cases} \quad (2)$$

де $R_i(z)$ – адитивна функція загальної корисності в межах соціально-економічного сценарію, $COE(s)$ – цільова функція витрат на установку значення якої має бути мінімальним, $REPG(i)$ цільова функція енергоефективності I рівня, COE^* граничні значення показника вартості системи, що можуть задаватися ОПР, $REPG^*$ граничні значення показника енергоефективності системи.

В процесі вирішення системи нерівностей обирається оптимальна конфігурація згідно максимуму функції корисності. Відібрана конфігурація має задовольняти умовам: значення вартості системи має бути мінімальним, значення надлишків має не перевищувати пропускну спроможність зовнішньої мережі.

Математична модель задачі вибору оптимальної структури системи за енергетично-ефективним сценарієм I рівня може бути подана у вигляді:

$$\begin{cases} REPG(s) \rightarrow \max_{s \in S} \\ COE(s) \leq COE^* \\ REPG(s) \leq REPG^* \\ i_o \rightarrow \arg \max(R_i(z)) \end{cases} \quad (3)$$

де $R_i(z)$ – адитивна функція загальної корисності в межах енерго-ефективного сценарію I рівня, $COE(s)$ – цільова функція витрат на установку, $REPG(i)$ цільова функція енергоефективності I рівня значення якої має бути максимальним, $DPSP(i)$ цільова функція енергоефективності II рівня, COE^* граничні значення показника вартості системи, що можуть задаватися ОПР, $REPG^*$ граничні значення показника енергоефективності системи.

В процесі вирішення системи нерівностей обирається оптимальна конфігурація згідно максимуму функції корисності. Відібрана конфігурація має задовольняти умовам: значення надлишків згенерованої енергії має бути максимальним та не перевищувати пропускну спроможність зовнішньої мережі.

Математична модель задачі вибору оптимальної структури системи за енергетично-ефективним сценарієм II рівня може бути подана у вигляді:

$$\begin{cases} DPSP(s) \rightarrow \min_{s \in S} \\ DPSP(s) \leq DPSP^* \\ i_o \rightarrow \arg \max(R_i(z)) \end{cases} \quad (4)$$

де $R_i(z)$ – адитивна функція загальної корисності в межах енерго-ефективного сценарію II рівня, $DPSP(i)$ цільова функція енергоефективності II рівня значення якої має бути мінімальним, $DPSP^*$ граничні значення показника дефіциту енергії в системі.

В процесі вирішення системи нерівностей обирається оптимальна конфігурація згідно максимуму функції корисності. Відібрана конфігурація має задовольняти умовам: значення критерію ймовірності втрати живлення має не перевищувати граничне значення, розраховане на етапі формування техніко-економічних параметрів.

Основна мета багатокритеріального процесу прийняття рішень полягає у відборі тих альтернативних рішень, що мають найвищі оцінки відповідно до набору оціночних критеріїв.

Оціночні критерії були представлені у роботах [12].

Серед методик, які дозволяють проводити відбір оптимального альтернативного рішення серед запропонованих, було обрано положення теорії корисності. Альтернативне рішення оцінюється за кожним із критеріїв, потім відбувається агрегація оцінок в єдину глобальну функцію корисності із врахуванням вагових коефіцієнтів.

Агрегована оцінка кожної з альтернатив визначається за формулою:

$$R_i(z) = \frac{\sum_{j=1}^m w_j s_{ij}}{\sum_{j=1}^m w_j}, \quad z = (w_1 \dots w_m; s_{i1} \dots s_{im}) \quad (5)$$

де s_{ij} – оцінка i -ї альтернативи за критерієм j ,

w_j – вага кожного критерію.

Представлену модель пропонується використовувати у відповідній інформаційній системі. Сукупність задач багатокритеріальної оцінки альтернативних структур можна подати у вигляді функціональної моделі в нотації IDEF3 (рис. 3.10).

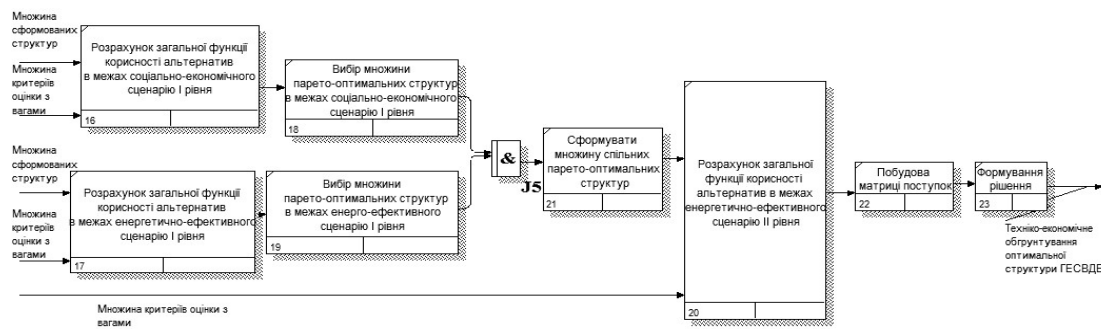


Рисунок 3.10 – Функціональна модель процесу багатокритеріальної оцінки альтернатив

Висновки. Запропонована модель та схема процесу багатокритеріальної оцінки альтернатив дозволяє структурувати процес визначення оптимального варіанту енергосистеми та отримати оцінки ефективності енергосистеми з більшою точністю.

Список використаних джерел

1. СОУ-Н ЕЕ 40.1-00100227-101:2014. Норми технологічного проектування енергетичних систем і електричних мереж 35 кВ і вище. Наказ № 543 від 04.08.2014, Міненерговугілля України.
2. Shendryk V., Shulyma O., Parfenenko Y. The topicality and the peculiarities of the renewable energy sources integration into the ukrainian power grids and the heating system. Promoting Sustainable Practices through Energy Engineering and Asset Management / Ed. V, González-Prida, A. Raman. Hersey PA: IGI Global, 2015. P. 162-192.
3. Hunt J. D., Bañares-Alcántara R., Hanbury D. A new integrated tool for complex decision making: Application to the UK energy sector. Decision Support Systems. 2013. Vol. 54. P. 1427–1441.
4. Щур І. З., Климко В. І. Техніко-економічне обґрунтування параметрів гібридної вітро-сонячної системи для електропостачання окремого об'єкта. Електромеханічні і енергозберігаючі системи. 2014. № 2. С. 92-100.
5. Elhadidy M. A. Performance evaluation of hybrid (wind/solar/diesel) power systems. Renewable Energy. 2002. Vol. 26. P. 401–413.
6. Celik A. N. Optimisation and techno-economic analysis of autonomous photovoltaic–wind hybrid energy systems in comparison to single photovoltaic and wind systems. Energy Conversion and Management. 2002. Vol. 43. P. 2453–2468.
7. Nehrir M. H., LaMeres B. J., Venkataramanan G. An approach to evaluate the general performance of stand-alone wind/photovoltaic generating systems. Energy Conversion, IEEE Transactions on. 2000. Vol. 15. P. 433–439.
8. Lazarou, S., Oikonomou, D.S., Ekonomou, L. A platform for Planning and Evaluating Distributed Generation connected to the Hellenic Electric Distribution Grid. Circuits, Systems, Electronics, Control & Signal Processing: Proceedings of the 11th WSEAS International Conference, Montreux, Switzerland, 29-31December, 2012. WSEAS Press, 2012. P. 80-86.

9. Сабірзянов Т. Г., Кубкін М. В., Солдатенко В. П. Методика вибору структури і складу систем електропостачання з відновлювальними джерелами. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2011. № 24. С. 146-151.

10. Deshmukh M. K., Deshmukh S. S. Modeling of hybrid renewable energy systems. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. Vol. №12. P. 235–249.

11. Ai B., Yang H., Shen H., Liao X. Computer-aided design of PV/wind hybrid system. Renewable Energy. 2003. Vol. 28. P. 1491–1512.

12. Шулима О. В., Шендрик В. В., Давідсон П. Формалізація задачі прийняття рішень для вибору оптимальної структури гібридної енергетичної системи. Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2016. №49. С. 62-69.

Анотація

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ГИБРИДНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бойко О. В., Шендрик В. В., Парфененко Ю. В., Шендрик С. А.

Предложена модель определения оптимальной структуры гибридной энергетической системы, позволяющая обеспечить поддержку принятия решений при планировании энергообеспечения зданий с возобновляемыми источниками энергии.

Abstract

MULTI-CRITERIAL APPROACH TO THE EVALUATION OF ALTERNATIVE OPTIONS OF HYBRID ENERGY SYSTEMS

O. Boiko, V. Shendryk, Yu. Parfenenko, S. Shendryk

A model for determining the optimal structure of a hybrid energy system is proposed to support decision-making when planning the energy supply of buildings with renewable energy sources.