

ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ В МЕРЕЖАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ

Тимчук С. О.¹, Шендрик В. В.², Шендрик С. О.², Шулима О. В.²

¹Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка,

²Сумський державний університет

Успішне впровадження та експлуатація відновлювальних джерел енергії в електричній мережі неможливе без ефективного керування. Метою даної роботи є аналіз задачі підтримки прийняття рішень для оптимального керування генерацією, споживанням, накопиченням та розподілом енергії в енергосистемах з відновлювальними джерелами енергії. Процес прийняття рішень ускладнений невизначеністю та неповнотою вхідної інформації, а також багатокритеріальністю. У роботі виконана класифікація стадій процесу прийняття рішення, визначені критерії оцінки ефективності рішень, запропоновано методологію пошуку оптимального рішення.

Постановка проблеми. В індустріально розвинутих країнах розроблено і в поточний час впроваджується стратегія глобальної перебудови енергетики, що отримала назву Smart Grid. Вона характеризується широким впровадженням в енергетику досягнень інших галузей економіки. В Україні положення цієї програми поки ще не набули відображення в програмах розвитку енергетики. Звісно, наразі застосувати на пряму чужий досвід неможливо, але деякі положення, зокрема впровадження засобів розподіленої генерації з використанням альтернативних джерел енергії є актуальними і перспективними [1]. Відповідно актуальні пов'язані з цим задачі прийняття оптимальних рішень на різних стадіях життєвого циклу нових систем електропостачання: проектування, експлуатації, реконструкції.

У світі, в тому числі і в Україні, понад 40% первинної енергії споживається об'єктами соціальної та побутової сфери [2]. Загальновідомим є факт обмеженості викопних світових енергетичних ресурсів, тому використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) виходить на передній план. Значний потенціал для приватних домогосподарств та інших непромислових об'єктів має введення у електричну мережу ВДЕ та комбінація різних видів джерел енергії (вітрова, сонячна). Із застосуванням ВДЕ підвищується складність управління енергетичними потоками у електричних мережах, які від самого початку не були пристосовані до цього. Потребує детальних досліджень модернізація існуючих енергетичних мереж з використанням ВДЕ або можливість введення ВДЕ в електричні мережі. Зазначене повинно бути виконаним з метою забезпечення правильного розподілу електроенергії, яку отримано з кількох джерел, для задоволення потреб конкретних кінцевих користувачів енергії, це потребує розроблення систем керування (СК) генерацією, споживанням, накопиченням та розподілом енергії. На кожному з етапів керування виникає необхідність прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності та неповноти вхідних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазначена проблема комплексно не досліджувалася, а вирішувалися тільки окремі завдання. Так, наприклад, робота [3] присвячена розробці методології визначення кращих місць для використання нових енергетичних систем, однак роботу мережі не досліджено. У роботі [4] наведено систему підтримки прийняття рішення

(СППР) для приватних інвесторів у Бельгії з метою проведення економічного аналізу набору вітроенергетичних проектів. У роботі [5] пропонується СППР, призначена лише для використання у вітроенергетиці. Значна кількість робіт [2] в основному зосереджена на вивченні та визначенні оптимальної кількості сонячних та вітряних генераторів. Однак, іноді зустрічаються й роботи з більш широким переліком ВДЕ [6]. У ході проведення досліджень з метою розв'язання оптимізаційних задач в основному застосовується детермінований підхід [6, 7]. Проблема невизначеності інформації при розв'язанні задач керування режимами систем електропостачання з ВДЕ поставлена в [8], наведено також метод отримання оптимальних рішень на множині компромісів. Загалом, деякі запропоновані моделі передбачають вирішення побудови ефективнопрацюючої енергетичної системи, але не вирішують задачі планування споживання і продажу енергії. Прийняття рішень здійснюється за допомогою спрощених підходів і суб'єктивних оцінок, а деякі задачі внаслідок своєї складності на формальному рівні потребують подальшого дослідження. Таким чином, необхідно розробити нові методи та алгоритми підтримки прийняття рішень щодо оптимального керування, та, на їх основі, створити універсальну систему керування, яка може вирішити всі ці завдання максимально ефективним способом.

Мета статті. Метою роботи є проведення аналізу задачі підтримки прийняття рішень для оптимального керування генерацією, споживанням, накопиченням та розподілом енергії в енергосистемах з комбінацією різних видів ВДЕ.

Основні матеріали дослідження. Попередній аналіз дозволив визначити та систематизувати завдання при керуванні енергосистемою з ВДЕ. На кожній окремій стадії впровадження ВДЕ у енергосистему необхідно приймати оптимальні рішення, вирішуючи при цьому конкретні задачі:

- 1) передпроектної роботи;
- 2) проектування;
- 3) організації якісної експлуатації;
- 4) ефективного керування режимами генерації;
- 5) ефективного керування накопиченням енергії;
- 6) ефективного керування розподіленням електроенергії;
- 7) ефективного керування використанням електроенергії.

Пошук ефективних розв'язань цих задач ускладнений проблематикою двох аспектів: невизначеністю вхідної інформації та багатокритеріальністю.

Задача прийняття рішень (TDM) на кожному з етапів у формальному виді характеризується кортежем

$$TDM = \langle A, E, S, T \rangle, \quad (1)$$

де A – множина альтернатив,

E – середовище задачі,

S – система переваг особи, що приймає рішення (ОПР),

T – дії над множиною альтернатив.

Аналізуючи проведені дослідження приходимо до висновку, що відношення переваги при порівнянні альтернатив традиційно будується на основі функцій цілі, у якості яких фігурують техніко-економічні показники ефективності кожного з процесів.

Критеріями вибору альтернатив на конкретній окремій стадії є різні техніко-економічні показники ефективності, а саме: якість електроенергії, втрати електроенергії, надійність електропостачання, прибуток від експлуатації ВДЕ, тощо.

На процес прийняття рішення на стадії передпроектної роботи впливає інформація про:

- 1) рівень сонячної активності;
- 2) вітровий потенціал;
- 3) географічну широту;
- 4) погодні умови;
- 5) економічне обґрунтування доцільності;
- 6) характеристику електричної мережі.

На прийняття рішення на стадії проектування впливає інформація про техніко-економічні показники кожного джерела енергії:

- 1) інтегральний річний відпуск електроенергії;
- 2) приведені витрати на будівництво та обслуговування.

На процес прийняття рішення на стадії організації якісної експлуатації має вплив інформація про:

- 1) інтегральний річний недовідпуск електроенергії внаслідок неполадок та аварій;
- 2) приведені витрати на обслуговування;
- 3) технологічні втрати потужності.

На процес прийняття рішення на стадії ефективного керування генерацією впливає інформація про:

- 1) рівень сонячної активності;
- 2) вітровий потенціал;
- 3) погодні умови;
- 4) поточний технічний стан джерела енергії.

На процес прийняття рішення на стадії ефективного керування накопичення енергії впливає інформація про:

- 1) поточний технічний стан джерела енергії;
- 2) характеристику електричної мережі;
- 3) рівень ставки "зеленого тарифу";
- 4) поточний технічний стан банку енергії.

На процес прийняття рішення на стадії ефективного керування розподіленням енергії має вплив інформація про:

- 1) поточний технічний стан джерела енергії;
- 2) поточний технічний стан системи розподілення;
- 3) поточний технічний стан банку енергії;
- 4) характеристику електричної мережі;
- 5) поточний рівень споживання.

На процес прийняття рішення на стадії забезпечення ефективного керування використанням електроенергії впливає інформація про наступне:

- 1) поточний технічний стан джерела енергії;
- 2) поточний технічний стан системи розподілення;
- 3) поточний технічний стан банку енергії;
- 4) характеристику електричної мережі;
- 5) рівень ставки "зеленого тарифу";
- 6) поточний рівень споживання.

У переважній більшості, математичні моделі оцінки вищевказаних показників детерміновані (залежать від часу) та значно спрощені. Іноді вони стохастичні, однак розрахунки на їх основі зведено до детермінованих операцій над математичними очікуваннями параметрів у зв'язку з тим, що показники носять інтегральний характер і, внаслідок цього, слабо пов'язані з поточною випадковістю появи події. Слід також відзначити, що показники на різних стадіях пов'язані між собою та мають вплив на процеси у різних випадках. Тому виникає необхідність розгляду доцільності застосування теорії нечітких множин при розкритті невизначеності вихідних даних для розрахунку функцій цілі. Такий спосіб представлення функцій цілі дозволить зробити модель в певному сенсі більш відповідною реальності і придатною для формування нечіткого відношення переваги. Крім того, є необхідність у проведенні аналізу того, який саме з критеріїв: частковий, адитивний, мультиплікативний, максимінний чи мінімаксний, необхідно використовувати для оптимізації. Відношення переваги можна реалізувати методами математичного програмування. Аналіз застосування яких показав, що на передпроектних стадіях створення СК в енергосистемах з ВДЕ в умовах невизначеності слід віддати перевагу методам багатокритеріальної оптимізації з пошуком множини альтернатив, що не домінуються. Зазначені методи дають можливість компетентним особам обґрунтовано приймати рішення із залученням неформалізованих процедур і критеріїв [9]. На те, який з методів: детермінований, нечіткий або метод з елементами штучного інтелекту, - слід вибрати, впливає складність структури об'єкту керування. На даному етапі процес прийняття рішень найчастіше ускладнюється фактором суб'єктивної точки зору, який знижує ефективність рішень та є наслідком дефіциту науково обґрунтованих рекомендацій і методик.

Висновки. Використання ВДЕ для потреб електрозабезпечення непромислових об'єктів є перспективним. Але це викликає ряд проблем, що впливають на керування процесом впровадження та експлуатації таких мереж. Цей процес, в свою чергу, складається з декількох етапів, на кожному з яких необхідно забез-

печити ефективне керування та приймати оптимальні рішення в умовах невизначеності та неповноти вхідних даних.

Проведений аналіз стану вирішення проблеми підтримки прийняття рішень для оптимального керування генерацією, споживанням, накопиченням та розподілом енергії в енергосистемах з ВДЕ в умовах невизначеності вхідної інформації та багатокритеріальності дозволить сформулювати перспективні напрямки її розв'язання. Застосування теорії нечітких множин надає можливість розкрити невизначеність вихідної інформації при дослідженні залежностей техніко-економічних показників ефективності кожного з процесів. Крім того, обґрунтовано необхідність обрання методу багатокритеріальної оптимізації і побудови на його основі процесу підтримки прийняття оптимальних рішень для керування при впровадженні та експлуатації мереж електропостачання з розподіленою генерацією.

Список використаних джерел

1. Праховник А. В. Перспективы и пути развития распределенной генерации в Украине / А. В. Праховник, В. А. Попов, Е. С. Ярмолюк, М. Т. Кокорина // Энергетика: економіка, технології, екологія. - 2012.- №2.-С. 7-14.

2. Shendryk V., Shulyma O., & Parfenenko Y. (2015). The Topicality and the Peculiarities of the Renewable Energy Sources Integration into the Ukrainian Power Grids and the Heating System. In V. González-Prida, & A. Raman (Eds.) Promoting Sustainable Practices through Energy Engineering and Asset Management (pp. 162-192). Hershey, PA: Engineering Science Reference. doi:10.4018/978-1-4666-8222-1.ch007

3. Tiba C., Candeias A. L. B., Fraidenraich N., de Barbosa E. M., de Carvalho Neto, P.B. & de Melo J. B. Filho. (2010). A GIS-based decision support tool for renewable energy management and planning in semi-arid rural environments of northeast of Brazil. *Renewable Energy*, 35(12), 2921-2932.

4. Lejeune P. & Feltz, C. (2008). Development of a Decision Support System for setting up a wind energy policy across the Walloon Region (southern Belgium). *Renewable Energy* 33(11), 2416-2422.

5. Ramirez-Rosado I., Garcia-Garrido E., Fernandez-Jimenez L., Zorzano-Santamaria P., Monteiro C. & Miranda, V. (2008). Promotion of new wind farms based on a decision support system. *Renewable Energy*, 33(4), 558-566.

6. Сабірзянов Т. Г. Методика вибору структури і складу систем електропостачання з відновлювальними джерелами / Т. Г. Сабірзянов, М. В. Кубкін, В. П. Солдатенко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.-2011.-Вип. 24.-Ч. II.-С. 146-151.

7. Бурикін О. Б. Оптимізація режиму локальних електричних систем з відновлювальними джерелами енергії / О. Б. Бурикін, Ю. В. Малогулко // Наукові праці ДонНТУ: електротехніка і енергетика.-2013.- №2(15).-С. 42-46.

8. Попов В. А. Алгоритм многокритериального управления режимами работы микросетей / В. А. Попов, Е. С. Ярмолюк, П. А. Замковой // Восточно-

европейский журнал передовых технологий.-2014.- №2/2(68).-С. 61-68.

9. Тимчук С. А. Совершенствование методологии поиска рациональных решений в условиях многокритериальности и неопределенности исходной информации на примере системы электроснабжения / С. А. Тимчук, Н. М. Черемисин // Энергетика та електрифікація. – 2013. - №4. – С. 53 – 60.

Аннотация

ПРИНЯТИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ В СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Тимчук С. О., Шендрик В. В., Шендрик С. О., Шулима О. В.

Успешное внедрение в электрические сети возобновляемых источников энергии и их эксплуатация невозможно без эффективного управления. Целью данной работы является анализ задачи поддержки принятия решений для оптимального управления генерацией, потреблением, накоплением и распределением энергии в сетях электроснабжения с распределенной генерацией. Процесс принятия решений усложняется неопределенностью и неполнотой исходной информации, а также многокритериальностью. В работе выполнена классификация стадий процесса принятия решений, определены критерии оценивания эффективности решений, предложена методология поиска оптимального решения.

Abstract

MAKE THE BEST DECISIONS ON THE GRID SYSTEMS WITH DISTRIBUTED GENERATION

S. Tymchuk, V. Shendryk, S. Shendryk, O. Shulyma

The successful implementation and operation of renewable energy sources is not possible without adequate control. The purpose of this paper is to analyze the support of decision-making for the optimal control of the generation, consumption, accumulation and distribution of energy in power systems with renewable energy sources. The uncertainty, incompleteness of input information and multiobjectiveness is complicating the decision making process. In this paper carried classification stages of the decision-making process, defined criteria for assessing the effectiveness of solutions, proposed methodology for finding the optimal solution.