

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАДАЧІ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ
АВТОНОМНИХ СПОЖИВАЧІВ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Голик Олена Петрівна

*Кандидат технічних наук, доцент
Кіровоградського національного технічного університету
Україна, м. Кіровоград*

Жесан Роман Володимирович

*Кандидат технічних наук, доцент
Кіровоградського національного технічного університету
Україна, м. Кіровоград*

Березюк Ірина Анатоліївна

*Кандидат технічних наук, доцент
Кіровоградського національного технічного університету
Україна, м. Кіровоград*

Мірошніченко Марія Сергіївна

*Кандидат технічних наук, доцент
Кіровоградського національного технічного університету
Україна, м. Кіровоград*

OPTIMIZATION OF CONTROL PROCESS ENERGY SUPPLY OF
AUTONOMOUS CONSUMERS IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

Olena Holyk

*Ph.D, Associate Professor
Kirovohrad National Technical University
Kirovohrad, Ukraine*

Roman Zhesan

*Ph.D, Associate Professor
Kirovohrad National Technical University
Kirovohrad, Ukraine*

Iryna Berezyuk

*Ph.D, Associate Professor
Kirovohrad National Technical University
Kirovohrad, Ukraine*

Mariya Miroshnichenko

Ph.D, Associate Professor

Kirovohrad National Technical University

Kirovohrad, Ukraine

Анотація

В статті наведено умови ефективного автоматизованого енергопостачання від автономних джерел енергії, запропоновано критерій мінімальних затрат на сумарної вартості енергоустановок та критерій послідовності вмикання енергоустановок з урахуванням їх експлуатаційних характеристик, що дає можливість раціонально використовувати відновлювані джерела енергії у складі системи енергозабезпечення автономних споживачів.

Abstract

The article describes conditions of effective automated energy supply from autonomous sources of energy, the criterion of minimum cost on the total cost of the power plants and the criterion of sequence of including power plants based on their operational characteristics, which gives the opportunity to efficiently use renewable energy in the energy supply system for autonomous consumers.

Ключові слова: енергозабезпечення, невизначеність, відновлюване джерело енергії, автоматизоване керування, енергоустановка.

Keywords: of energy supply, uncertainty, renewable energy, automatic control, power plant.

Згідно світових тенденцій широкого розповсюдження надуває перехід від централізованого електропостачання до децентралізованого в різних галузях господарства. Для України такий шлях є, насамперед, раціональним в галузі електропостачання автономних споживачів (АС).

Вибір того чи іншого ВДЕ для автономного електропостачання (АЕП) залежить від наявності енергетичних ресурсів ВДЕ в місцевості, де розташований АС.

Аналіз та узагальнення світової практики використання ВДЕ для АЕП показав, що доцільним є комбіноване використання ВДЕ разом з традиційними установками на базі двигунів внутрішнього згорання, що дозволяє суттєво економити паливе та знизити витрати на нього, у порівнянні з використанням лише установки з двигуном внутрішнього згорання.

Найдоцільнішим способом енергозабезпечення АС є створення власних джерел та систем автономного електропостачання (САЕП). В загальному вигляді структуру САЕП на основі ВДЕ можна представити у вигляді, наведеному на рис. 1 [1].

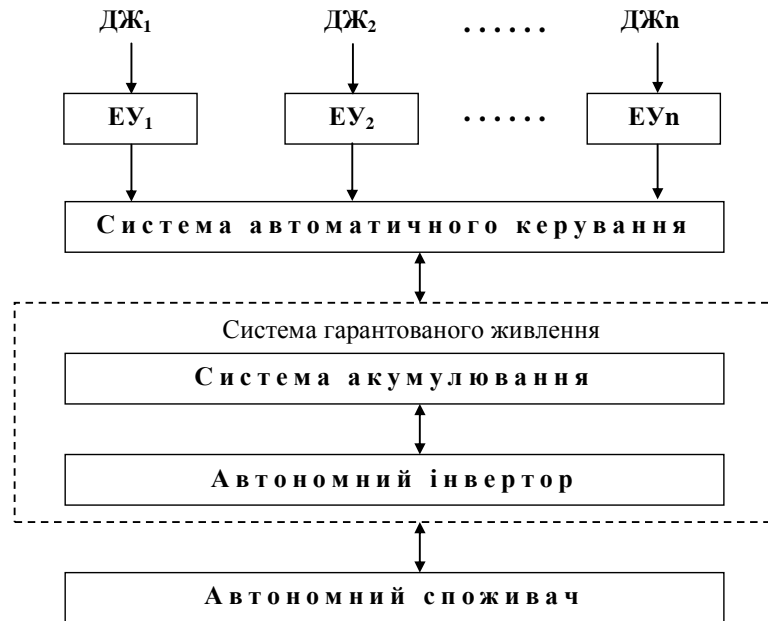


Рисунок 1. Структура САЕП фермерського господарства:

Дж₁, Дж₂, ..., Дж_n – джерела енергії; ЕУ₁, ЕУ₂, ..., ЕУ_n – енергетичні установки

САЕП на основі ВДЕ повинні відповідати наступним основним вимогам:

1. У відповідності до енергетичних потреб забезпечувати необхідну кількість енергії.
2. Забезпечувати необхідну якість електричної енергії (напругу 220 В та частоту 50 Гц).
3. Бути простими та надійними в експлуатації.
4. Бути ремонтпридатними та забезпечувати швидку ліквідацію можливих аварій.
5. Повинні мати системи гарантованого живлення, які призначені для накопичення енергії та надання енергії належної якості.
6. В періоди надходження енергії САЕП повинна, окрім електропостачання АС, забезпечувати накопичення енергії в обсягах, достатніх для випадку відсутності надходження енергії.
7. У випадку відсутності надходження енергії електропостачання здійснювати лише для об'єктів, які мають максимальний пріоритет.
8. Керування САЕП повинно бути автоматизоване і здійснюватись таким чином, щоб максимально ефективно використовувати енергію ВДЕ.

В результаті аналізу відомих засобів автоматизації процесу керування АЕП на основі ВДЕ [1, 2, 4] було виявлено, що існуючі наукові розробки не задовольняють всім вимогам, які висувають до процесу. Основною проблемою є неможливість прогнозувати та

узгоджувати процес енергоспоживання з процесом енергопостачання АС таким чином, щоб керування процесом енергопостачання було автоматичне, і при цьому енергетичні потреби АС були максимально забезпечені за рахунок ВДЕ та мінімальним використанням установки з двигуном внутрішнього згорання.

Основною задачею керування процесом електропостачання фермерського господарства від автономних джерел енергії є – визначати, яке джерело енергії необхідно використати для задоволення енергетичних потреб фермерського господарства в певний момент часу. Таким чином, повинна бути присутня людина-експерт, фахівець в даній галузі, яка має оцінювати та порівнювати кількість енергії, яка необхідна споживачу, з кількістю енергії, що надходить від енергетичних установок в даний момент часу. Після чого експерт повинен прийняти рішення щодо використання того чи іншого джерела енергії, яке здатне в даний момент часу задовольнити енергетичні потреби фермерського господарства. Оскільки енергетичні потоки джерел енергії та енергетичні потреби фермерського господарства мають випадковий характер надходження, то людині-експерту досить складно своєчасно прийняти відповідне рішення, що призводить до аварійних відключень системи і, як наслідок, неможливості забезпечити енергетичні потреби фермерського господарства та раціонально використовувати джерела енергії. Світова практика показала що, доцільним є функцію людини-експерта виконувати за допомогою систем автоматичного керування (САК).

В джерелах [1, 2] наведено підхід до розв’язання автоматизації електропостачання АС від ВДЕ. Як правило, більшість ВДЕ мають випадковий характер надходження, так само як і енергетичні потреби АС, то можна зробити висновок, що САЕП працює в умовах невизначеності.

Ефективне автоматизоване енергопостачання від ВДЕ та установки з ДВЗ необхідно здійснювати таким чином, щоб виконувались наступні умови:

$$\begin{cases} P_{ДВЗ} \cdot n_{ДВЗ} + P_{ВДЕ} \cdot n_{ВДЕ} = P_{max} \\ n_{ДВЗ} \cdot C_{ДВЗ} + n_{ВДЕ} \cdot C_{ВДЕ} \rightarrow \min \\ P_{ДВЗ} \cdot n_{ДВЗ} \cdot t_{вик} \rightarrow \min \\ t_{вик} \cdot Q_n \cdot C_n \rightarrow \min \end{cases}, \quad (1)$$

де: P_{max} – максимальне енергетичне навантаження автономного споживача;

$P_{ДВЗ}, P_{ВДЕ}$ – відповідно, потужності установки з ДВЗ та установки з ВДЕ;

$n_{ДВЗ}, n_{ВДЕ}$ – відповідно, кількість установок з ДВЗ та установок з ВДЕ;

$C_{ДВЗ}, C_{ВДЕ}$ – відповідно, вартості установок з ДВЗ та установки з ВДЕ;

$t_{вик}$ – час використання установки з ДВЗ для задоволення енергетичних потреб АС;

Q_n, C_n – відповідно, витрата та вартість пального, яке необхідно витратити установці з ДВЗ, для задоволення потреб автономного споживача.

Крім ефективного електропостачання не менш важливим є такий показник, як сумарна вартість енергоустановок. Необхідно забезпечити мінімальну вартість всіх енергоустановок, які входять до складу САЕП, таким чином, щоб максимально забезпечити енергетичні потреби споживача. Пропонується критерій мінімальних затрат сумарної вартості енергоустановок з урахуванням їх експлуатаційних характеристик в певній місцевості:

$$E_{\Sigma} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \rightarrow \min, \quad (2)$$

де: E_1, E_2, E_3, E_4 – відповідно, питомі вартості 1 кВт · год. електричної енергії за добу від СБ, ВЕУ, РЕС та АКБ.

В роботі [3] запропоновано алгоритм роботи блоку керування автономної енергоустановки, який полягає у використанні критерію максимального сукупного ККД енергоустановки. З цією метою було розроблено та використано принцип пріоритетного використання джерел енергії. Енергопостачання споживача здійснюється безпосередньо від первинного джерела (з максимальним ККД). При надлишковій потужності первинного джерела електроенергія накопичується в електрохімічних акумуляторах.

Однак в даному критерії не враховано такі показники роботи енергоустановок: ресурс роботи, готовність установки до вмикання, питома вартість 1 кВт · год. енергії та ін. Таким чином, даний критерій не враховує всі експлуатаційні умови системи.

Для ефективного використання енергетичних установок в роботі [4] запропоновано наступний критерій:

$$J = \frac{E_1 \cdot W_1 + E_2 \cdot W_2 + E_n \cdot W_n}{N_{\Sigma}} \rightarrow \min, \quad (3)$$

де: N_{Σ} – загальна кількість виробленої енергії за певний період часу;

E_1, E_2, \dots, E_n – відповідно, питомі вартості 1 кВт · год. електричної енергії;

W_1, W_2, \dots, W_n – кількість виробленої енергії за певний період часу.

Проте даний критерій також не враховує повністю всі експлуатаційні умови СЕП (ресурс роботи, тривалість технічних перерв, тощо).

Метою роботи є розробка критерію послідовності вмикання енергоустановок, який враховує експлуатаційні умови СЕП автономних споживачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно щоб критерій послідовності вмикання енергоустановок враховував експлуатаційні умови системи та показники роботи кожної енергоустановки:

- питома вартість 1 кВт · год. енергії, виробленої i -ою енергоустановкою E_i ;
- кількість виробленої i -ою енергоустановкою енергії за певний період часу W_i ;
- ресурс роботи i -ої енергоустановки r_i ;
- готовність i -ої енергоустановки до вмикання L_i ;

- тривалість технічних перерв в роботі i -ої енергоустановки B_i .

Крім того, необхідно кожному показнику, що входить до критерію, надати відповідний ваговий коефіцієнт. Тоді критерій визначення пріоритетів послідовності вмикання енергоустановок буде мати наступний вигляд:

$$J = E_i \cdot a + \frac{b}{W_i} + \frac{c}{r_i} + L_i \cdot d + B_i \cdot e \rightarrow \min, \quad (4)$$

де a, b, c, d, e – ваговий коефіцієнт показника в критерії.

Наприклад, для енергоустановки з ВДЕ питому вартість можна визначити за допомогою наступного виразу:

$$E_i = \frac{S_i}{W_i \cdot T_i}, \quad (5)$$

де S_i – вартість енергоустановки, грн.; T_i – кількість годин роботи енергоустановки в певному періоді, год.

Аналогічним чином можна визначити питому вартість електростанції, при цьому необхідно також враховувати вартість пального.

Ресурс роботи енергоустановки, як правило, наводиться в паспорті технічних характеристик, який надається виробником даної енергоустановки. Готовність енергоустановки до вмикання визначається принципом роботи даної енергоустановки, наприклад, наявність двигунів вимагає певного часу для запуску енергоустановки та генерування електроенергії. Тривалість технічних перерв – це час при якому енергетична установка не зможе генерувати електричну енергію, внаслідок будь-яких технічних поломок, які призводять до неможливості роботи енергоустановки.

В різних джерелах [5-7] наводяться рекомендації по визначенню вагових коефіцієнтів в критерії. Для цього можна використати багатопараметричну оптимізацію.

Розглянемо основні методи визначення експертних оцінок.

Безпосереднє присвоєння коефіцієнтів ваги. При даному методі кожний 1-ий експерт для кожного k -го параметра повинен присвоїти коефіцієнт ваги α_{ik} таким чином, щоб сума всіх коефіцієнтів ваги, присвоєних одним експертом для різних параметрів, дорівнювала одиниці:

$$\sum_{i=1}^k \alpha_{ik} = 1; i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

де n – кількість експертів.

Використовують наступний алгоритм.

1. Визначити кількість параметрів k , які будуть включені до функції мети.

2. Створити таблицю для експертів. В даній таблиці вказують кількість експертів, параметри, середнє значення коефіцієнта ваги, середнє квадратичне відхилення та дисперсію.

3. Визначити коефіцієнт варіабельності:

$$v = \frac{\sigma}{\alpha_{cp}}, \quad (7)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення; α_{cp} – середнє значення коефіцієнта ваги.

При $v < 0,2$ оцінки експертів можна вважати узгодженими. У випадку $v > 0,2$ доцільно провести з експертами обговорення важливості оцінювання параметрів після чого повторити експертизу.

Досвід показує, що задоволення експертами вимоги при $k > 3$ викликає труднощі. Тому можна використати інші методи.

Оцінка важливості параметрів в балах. При даному методі кожний експерт оцінює параметри за десятибальною шкалою. При цьому оцінка, яка присвоюється кожним експертом кожному параметру, не пов'язана з оцінками, які він вже присвоїв іншим параметрам. Наприклад, всім параметрам можна присвоїти однакову оцінку.

Визначення експертних оцінок в балах виконують за наступним алгоритмом.

1. Сформувані таблицю в яку вносять оцінки всіх параметрів в балах.
2. Перейти від оцінок параметрів в балах до значень коефіцієнтів ваги, сума яких для всіх параметрів дорівнює одиниці у кожного експерта.

Метод парних порівнянь. Цей метод реалізується за допомогою наступного алгоритму.

1. Визначити кількість параметрів k та кількість експертів n .
2. Для кожного експерта створити окрему таблицю. В цій таблиці експерт повинен ввести оцінку парних порівнянь, яка полягає в наступному. Якщо k -ий параметр важливіший j -го, то в комірці, що належить k -му рядку та j -му стовпчику, присвоюється 1, інакше – 0.

Таким чином, для визначення параметрів коефіцієнтів ваги в критерії послідовності вмикання енергоустановок, вираз (4), доцільно використовувати методи визначення експертних оцінок. Найбільш доцільним є використання методу парних порівнянь та оцінка важливості параметрів в балах.

Виконання умов, наведених в (1), дає змогу максимально використовувати установки з ВДЕ та мінімально використовувати установку з ДВЗ, що дозволить зменшити експлуатаційні витрати на паливо. Використання критерію мінімальних затрат дозволить обрати оптимальний склад САЕП при якому максимально забезпечені енергетичні потреби АС з мінімальною сумарною вартістю енергоустановок, що входять до складу САЕП.

Список використаної літератури:

1. Голик О. П. Підхід до розв'язання задачі автоматизації процесу керування електропостачанням автономних споживачів в умовах невизначеності / О. П. Голик, Р. В. Жесан, І. А. Березюк // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. / Вип. 26 – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С. 218-224. С.322
2. Голик О. П. Багатокритеріальна задача визначення послідовності вмикання енергоустановок в умовах невизначеності / О. П. Голик, О. О. Сосунова, І. О. Хавтуляріна // Тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології в освіті. науці і техніці» (ІТОНТ-2014): Черкаси, 24-26 квітня 2014 р. – У 2-х томах. – Черкаси: ЧДТУ, 2014. – Т. 1. – С. 46-47. С 202.
3. Попель О. С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии / О. С. Попель // Энергосбережение. – 2006. – № 3. – С. 70-76.
4. Голик О. П. Моделі прийняття рішень для систем автоматизації процесу керування електропостачанням автономних споживачів в умовах невизначеності вхідної інформації / О. П. Голик, Т. В. Міняйчева // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали міжнародної наукової конференції. –Херсон: ХНТУ, 2012. – С. 252-254.
5. Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений / Черноруцкий И. Г. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
6. Казаков И. Е. Методы оптимизации стохастических систем / Казаков И. Е., Гладков Д. Я. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
7. Сергиенко И. В. Математические модели и методы решения задач дискретной оптимизации / Сергиенко И. В. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Наукова думка, 1988. – 472 с.