

УДК 681.516.54 / 551.521.31

О.П.Голик, канд.техн.наук (Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград)

Пошук оптимальних рішень щодо вибору джерел енергії, які доцільно використовувати для автономного енергопостачання

В статті розглянуто відновлювані джерела енергії та здійснено вибір комбінацій джерел енергії, які доцільно застосовувати для енергопостачання автономних споживачів.

В статье рассмотрены возобновляемые источники энергии и осуществлен выбор комбинаций источников энергии, которые целесообразно использовать для энергоснабжения автономных потребителей.

Вступ. Наразі актуальною є проблема енергозабезпечення агропромислового комплексу України, зокрема, автономних споживачів (наприклад, фермерських господарств). Енергозабезпечення таких господарств здійснюється за допомогою центральних енергетичних систем, які були побудовані ще за часів СРСР. Будь-яке обладнання має свій ресурс роботи, в тому числі й центральні енергетичні системи, багато з яких вичерпали цей ресурс або знаходяться на його межі.

Світова практика показала, що для енергопостачання автономних споживачів доцільним є використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та резервних електростанцій із двигунами внутрішнього згоряння (ЕС із ДВЗ). Для здійснення ефективного енергопостачання слід визначитись, які джерела енергії доцільно використовувати для цього.

Метою досліджень є пошук оптимальних рішень щодо комбінацій енергетичних потоків, які доцільно використовувати для автономного енергопостачання.

Аналіз останніх досліджень. Питанням енергозабезпечення автономних споживачів присвячені роботи таких вчених, як Васько П.Ф., Головка В.М., Джума А., Жесан Р.В., Каплун В.В., Кирпатенко І.М., Кудря С.О., Праховник А.В., Плешков С.П., Резцов В.Ф., Сенько В.І., Шидловський А.К., Яндутьський О.С. та ін. Однак більшість цих робіт присвячена ефективності та раціональному використанню ВДЕ, методам та способам перетворення ВДЕ в різні види енергії (електрична, тепла), ефективності використання автономних джерел енергії.

Основна частина. Жодне з ВДЕ не є універса-

льним, придатним для використання в будь-якій ситуації, в будь-якому регіоні та в будь-яку пору. Все це визначається конкретними географічними та кліматичними умовами, потребами споживача, типом навантаження, екологічними обмеженнями тощо.

Оскільки на даному етапі приймати рішення доводиться в умовах невизначеності, то доцільно використовувати методи, які дозволяють приймати рішення саме в таких умовах.

При дослідженні в якості прикладу було обрано Кіровоградський регіон.

Для пошуку оптимальних комбінацій енергетичних потоків від різних автономних джерел енергії скористаємося методами теорії прийняття рішень в умовах невизначеності [1–3], у яких дані для прийняття рішення звичайно задаються у вигляді матриці, рядки якої відповідають можливим діям (альтернативним рішенням), а стовпці – можливим станам системи.

Тобто в якості альтернативних рішень $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n$ – можливі комбінації енергетичних потоків. Факторами, що впливають на прийняття рішення при виборі альтернатив, є множина $A\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m\}$. Кожній дії A_i і кожному стану λ_j відповідає очікуваний результат $U_{ij}(A_i, \lambda_j)$, $i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$, що визначає перевагу даної дії. Очікувані результати матриці $\{U_{ij}\}$ формуються за 10-бальною приведеною шкалою (1 – найгірший результат, 10 – найкращий результат) [2].

В [4, 5] наведено методику пошуку оптимальних рішень щодо комбінацій енергетичних потоків для автономного енергопостачання. В якості альтернативних рішень було обрано види джерел енергії та їх комбінації, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Види джерел енергії та відповідні до них альтернативи

№	Альтернативи	Енергетичні потоки
1	A ₁	енергія Сонця
2	A ₂	енергія вітру
3	A ₃	гідроенергія
4	A ₄	біоенергія
5	A ₅	геотермальна енергія
6	A ₆	установка з ДВЗ
7	A ₇	енергія Сонця + енергія вітру
8	A ₈	енергія Сонця + гідроенергія
9	A ₉	енергія Сонця + біоенергія
10	A ₁₀	енергія Сонця + геотермальна енергія
11	A ₁₁	енергія Сонця + установка з ДВЗ
12	A ₁₂	енергія вітру + гідроенергія
13	A ₁₃	енергія вітру + біоенергія
14	A ₁₄	енергія вітру + геотермальна енергія
15	A ₁₅	енергія вітру + установка з ДВЗ
16	A ₁₆	гідроенергія + біоенергія
17	A ₁₇	гідроенергія + геотермальна енергія
18	A ₁₈	гідроенергія + установка з ДВЗ
19	A ₁₉	біоенергія + геотермальна енергія
20	A ₂₀	біоенергія + установка з ДВЗ
21	A ₂₁	геотермальна енергія + установка з ДВЗ
22	A ₂₂	енергія Сонця + енергія вітру + гідроенергія
23	A ₂₃	енергія Сонця + енергія вітру + біоенергія
24	A ₂₄	енергія Сонця + енергія вітру + геотермальна енергія
25	A ₂₅	енергія Сонця + енергія вітру + установка з ДВЗ
26	A ₂₆	енергія Сонця + гідроенергія + біоенергія
27	A ₂₇	енергія Сонця + гідроенергія + геотермальна енергія
28	A ₂₈	енергія Сонця + гідроенергія + установка з ДВЗ
29	A ₂₉	енергія Сонця + біоенергія + геотермальна енергія
30	A ₃₀	енергія Сонця + біоенергія + установка з ДВЗ
31	A ₃₁	енергія Сонця + геотермальна енергія + установка з ДВЗ
32	A ₃₂	енергія вітру + гідроенергія + біоенергія
33	A ₃₃	енергія вітру + гідроенергія + геотермальна енергія
34	A ₃₄	енергія вітру + гідроенергія + установка з ДВЗ
35	A ₃₅	енергія вітру + біоенергія + геотермальна енергія
36	A ₃₆	енергія вітру + біоенергія + установка з ДВЗ
37	A ₃₇	енергія вітру + геотермальна енергія + установка з ДВЗ
38	A ₃₈	гідроенергія + біоенергія + геотермальна енергія
39	A ₃₉	гідроенергія + біоенергія + установка з ДВЗ
40	A ₄₀	гідроенергія + геотермальна енергія + установка з ДВЗ
41	A ₄₁	біоенергія + геотермальна енергія + установка з ДВЗ

Загалом було прийнято 41 альтернативу, які становлять собою всі можливі комбінації енергетичних потоків для максимальної кількості енергоустановок, що дорівнює 3. Це пов'язано зі значними матеріальними витратами на придбання енергетичних установок та з обмеженням терито-

рії, на якій будуть розташовані дані енергетичні установки.

В якості факторів, які впливають на прийняття рішення, було обрано:

- λ_1 – екологічна чистота;
- λ_2 – безкоштовність енергії;
- λ_3 – територіальна розповсюдженість;
- λ_4 – залежність від погодних умов;
- λ_5 – тривалість існування на перспективу.

На основі експертних даних [6–10] було побудовано матрицю рішень, основна частина якої наведена в таблиці 2.

Оптимальне рішення знаходимо за допомогою відомих критеріїв прийняття рішень в умовах невизначеності: Вальда, Лапласа, Гурвіца, Севіджа [1–3].

За найбільш обережним, максимінним критерієм Вальда, що дає гарантований результат і повністю виключає ризик прийняття рішення, обирається найкращий із найгірших результатів рішення. У застосуванні до наведеної матриці рішень (див. табл. 2) він має вигляд:

$$A_3^* = A_4^* = A_5^* = A_9^* = A_{11}^* = A_{25}^* = A_{26}^* = \max_i \min_j \{U_{ij}(A_i, \lambda_j)\} = 6, \quad (1)$$

де A_i , $i = \overline{1, 41}$ – можливі комбінації енергетичних потоків; λ_j , $j = \overline{1, 5}$ – фактори, що впливають на вибір альтернативних рішень.

Згідно з цим критерієм, оптимальними енергетичними потоками є альтернативи $A_3, A_4, A_5, A_9, A_{11}, A_{25}, A_{26}$.

Застосування методу Лапласа, що є критерієм недостатнього обґрунтування, тобто стани $A\{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j, \dots, \lambda_m\}$ мають рівні ймовірності, доцільне у випадках, коли рішення приймається багато разів.

Розглядається прийняття рішення в умовах ризику та обирається дія A_i , яка дає найбільший очікуваний виграш, тобто:

$$A_2^* = A_7^* = \max \left\{ \frac{1}{n} \sum U_{ij}(A_i, \lambda_j) \right\} = 9, \quad (2)$$

де $n = 5$ – кількість факторів, що впливають на прийняття рішення при виборі альтернатив.

Таблиця 2. Матриця рішень оптимальних комбінацій енергетичних потоків

Альтернативи	Фактори					Критерії			
	Екологічна чистота	Безкоштовність енергії	Територіальна розповсюдженість	Залежність від погодних умов	Тривалість існування на перспективу	Вальда	Лапласа	Гурвіца	Севіджа
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_1	10	10	10	4	10	4	8,8	6	6
A_2	10	10	10	5	10	5	9	7,5	5
A_3	8	10	8	6	8	6	8	6,5	4
A_4	6	8	9	8	7	6	7,6	7,5	3
A_5	7	10	7	7	6	6	7,4	7	4
A_6	5	6	10	9	5	5	7	7,5	5
A_7	10	10	10	5	10	5	9	7,5	5
A_8	9	10	8	4	9	4	8	7	6
A_9	7	8	9	6	8	6	7,6	7,5	3
A_{10}	8	10	7	4	7	4	7,2	7	6
A_{11}	6	7	10	7	6	6	7,2	8	4
.....									
A_{19}	7	7	7	5	5	5	6,2	6	2
.....									
A_{25}	6	7	10	7	7	6	7,4	8	4
A_{26}	6	8	9	6	7	6	7,2	7,5	3
A_{27}	7	10	8	4	6	4	7	7	6
A_{28}	6	7	9	6	4	4	6,4	6,5	5
A_{29}	6	7	6	6	5	5	6	6	2
A_{30}	5	5	7	7	4	4	5,6	5,5	3
.....									
A_{41}	2	4	7	8	3	2	4,8	5	6

Отриманий результат відповідає альтернативам A_2 та A_7 , результат альтернативи A_1 , який становить 8,8 – близьке значення до 9, отже його також можна прийняти.

За допомогою критерію Гурвіца охоплюється ряд підходів: від обережного до песимістичного застосуванням коефіцієнта α :

$$A_{11}^* = A_{25}^* = \max \left\{ \alpha \cdot \max U_{ij} (A_i, \lambda_j) + (1 - \alpha) \min U_{ij} (A_i, \lambda_j) \right\} = 8, \quad (3)$$

де $\alpha = 0,55$ – коефіцієнт оптимізму-песимізму.

Результати, отримані за допомогою критерію Гурвіца, за альтернативами A_{11} та A_{25} співпадають із результатами, отриманими за критерієм Вальда.

За менш песимістичним критерієм Севіджа мінімізуються втрати об'єкта, що приймає рішення за рахунок вибору відповідного варіанта A_i , що мінімізує втрати (жаль) об'єкта з приводу необрання кращого рішення:

$$A_{19}^* = A_{29}^* = \min \max r_{ij} = 2, \quad (4)$$

де $r_{ij} = \max U_{ij} (A_i, \lambda_j) - U_{ij} (A_i, \lambda_j)$ – матриця втрат [1–3].

Необхідно визначити в кожному рядку максимальний елемент $\max \lambda_i$ та відняти від нього всі інші елементи, тоді отримаємо матрицю втрат.

Оптимальним комбінаціям енергетичних потоків за критерієм Севіджа відповідають такі рішення альтернатив: A_{19} та A_{29} .

Висновки. Таким чином, у ході проведеного дослідження за допомогою критеріїв Вальда, Лапласа, Гурвіца та Севіджа було визначено, що в умовах Кіровоградського регіону оптимальними комбінаціями енергетичних потоків є альтернативи A_{11} та A_{25} , оскільки за всіма критеріями вони найчастіше зустрічалися в результатах розрахованих критеріїв.

Альтернативі A_{11} відповідає комбінація енергетичних потоків енергії Сонця та установки з ДВЗ, а альтернативі A_{25} – комбінація енергетичних потоків енергії Сонця, вітру та установки з ДВЗ. Оскільки енергія Сонця має періодичний характер надходження (зміна часу доби), то доцільним є використання альтернативи A_{25} .

Якщо спробувати використовувати енергію Сонця та вітру в комплексі, то ефективність електропостачання має бути вищою, оскільки недоліки кожного з них будуть частково або повністю компенсуватися перевагами іншого. Наприклад, наявність

вітрових потоків узимку може перекрити зменшення потоків сонячної енергії.

Пошук оптимальних комбінацій енергетичних потоків слід виконувати окремо для кожного регіону з використанням методів теорії прийняття рішень.

1. Герасимов Б.М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Герасимов Б.М., Грабовский Г.Г., Рюмшин Н.А. – К.: Техніка, 2002. – 140 с.

2. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / Орловский С.А. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. – 208 с.

3. Таха Х. Введение в исследование операций / Х.Таха, А.Хемди: 7-е издание.: [пер. с англ.] – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 912 с.

4. Голик О.П. Пошук оптимальних рішень щодо комбінацій енергетичних потоків у автоматизованій системі керування автономним енергопостачанням на основі відновлюваних джерел енергії в умовах невизначеності / О.П. Голик, Р.В. Жесан, Т.Ф. Шмельова // Управление, автоматизация и окружающая среда [Текст]: Материалы международной науч.-техн. конф., Севастополь, 24-28 мая 2010 г. / М-во образования и науки Украины, Севастоп. нац. техн. ун-т [и др.]; редкол.: Пашков Е.В. (предс.) и др., науч. ред. Барабанов А.Т.] – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2010. – С. 214–218.

5. Голик О.П. Моделирование процесса принятия решений в условиях неопределенности для автоматизированной системы управления автономным энергопостачанием на основе ветровой та сонячної енергії / О.П. Голик, Р.В. Жесан // Интеллектуальные системы принятия решений і проблеми обчислювального інтелекту: зб. наук. праць за матеріалами міжнар. наук. конф., 17-21 травня 2010 р., Євпаторія. Т. 1. – Херсон: ХНТУ, 2010. – С. 170–174.

6. Денисюк С.П. Принципи побудови автономних систем енергопостачання на базі нетрадиційних джерел енергії / С.П. Денисюк // Новітні технології в сфері нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії: Державний комітет з енергозбереження України, НАН України, АТ "Укренергозбереження". – 1999. – № 2. – С. 39–42.

7. Кирюшатов А.И. Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве / Кирюшатов А.И. – М.: Агропромиздат, 1991. – 96 с.

8. Щербина О.М. Енергія для всіх: [технічний довідник з енергоощадності та відновлюваних джерел енергії / Вид. 4-е, допов. і перероб.] / Щербина О.М. – Ужгород: Вид-во В.Падяка, 2007. – 340 с.

9. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П., Шинкаренко Л.Я., Довга В.Т., Василько П.Ф., Бриль А.О., Шурчков А.В., Забарний Г.М., Жовмір М.М., Віхорев Ю.О. – 2-ге вид. – К.: НАНУ Ін-т електродинаміки; Державний комітет України з енергозбереження, 2007. – 42 с.

10. Использование энергии Солнца и ветра в сельском хозяйстве Украины / [Корчемный Н.А., Машевский В.П., Головка В.М., Макиевская В.Е.] – К.: Облполиграфиздат, 1989. – 102 с.