

ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ ЗАДАЧІ РІВНОМІРНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

М.О.Медиковський, докт.техн.наук, **В.М.Теслюк**, докт.техн.наук, **О.Б.Шуневич**, канд.техн.наук
Національний університет «Львівська політехніка»,
 вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна.
 e-mail: oleh.shunevych@gmail.com

Розроблено метод визначення необхідного і можливого набору ввімкнених вітрових електроустановок у даний час. Шляхом комп'ютерного імітаційного моделювання здійснено перевірку рівномірності зношування ВЕУ (вітрових електроустановок). Відтворено поведінку досліджуваної системи у часі засобами дискретно-подієвого моделювання, в результаті чого здійснювалось визначення складу вітрової електростанції. Результати кожного окремого експерименту записувалися у масив даних, після чого здійснювалось оцінювання результатів сукупності експериментів. Бібл. 4, рис. 4.

Ключові слова: вітрова електростанція, вітрова електроустановка, пакування рюкзака, інтегральна оцінка, ефективність.

Вступ. Режим роботи сучасних вітрових електростанцій (ВЕС) передбачають вироблення заданої кількості електроенергії в умовах змінного енергетичного потенціалу вітру. В такому випадку задача диспетчера автоматизованої системи управління енергодинамічними процесами полягає у визначенні необхідного для ввімкнення в конкретний час ВЕУ. Перед ним постає завдання оперативного оцінювання стану об'єктів, що характеризуються неоднорідними параметрами. Найчастіше таку оцінку диспетчер робить інтуїтивно і, при цьому, його рішення не завжди достатньо обґрунтоване та оптимальне. Тому задача розроблення методів та засобів інтелектуалізації систем управління вітровою електростанцією є актуальною.

У роботі представлено результати теоретичних і практичних досліджень методів оцінювання об'єктів, зокрема методу визначення вагових коефіцієнтів важливості параметрів вітрової електроустановки (ВЕУ). Отримано нові наукові результати, серед яких – вперше розроблений узагальнений критерій ефективності вітрової електроустановки з використанням визначених і нормованих параметрів режиму, що дало змогу здійснити порівняльне оцінювання корисності кожної ВЕУ [2, 3].

Особливості розв'язання задачі. В роботі обґрунтовано підхід для визначення набору вітрових електроустановок ВЕС, який ґрунтується на використанні динамічного програмування та розроблених програмних засобів. На першому кроці розв'язання задачі відбувається ініціалізація системи, що передбачає визначення початкового стану кожної з ВЕУ, а саме: встановлення початкових значень для параметрів кількості виробленої енергії, часу напрацювання кожної ВЕУ, кількості комутацій та інших параметрів, що визначають технічний стан кожної ВЕУ. Після цього маємо можливість розв'язати задачу пакування рюкзака за допомогою методу динамічного програмування, який передбачає

$$b_1 P_1 + b_2 P_2 + \dots + b_m P_m \leq P, \quad b_1 C_1 + b_2 C_2 + \dots + b_m C_m \rightarrow \max, \quad (1)$$

де b_1, b_2, \dots, b_m – набір бінарних величин, які необхідно визначити; $P_j > 0$ – потужність кожної ВЕУ; $C_j > 0$ – ефективність (інтегральна оцінка) кожної ВЕУ; P – задана потужність ВЕС, яка необхідна в даний час.

Наступний етап першого кроку передбачає нормалізацію технічних параметрів кожної ВЕУ та обчислення її інтегральної оцінки. Для нормалізації параметрів до інтервалу $[\alpha, \beta]$ використано таку залежність

$$\overline{K}_i = \frac{K_i - K_i^-}{K_i^+ - K_i^-} (\beta - \alpha) + \alpha, \quad (2)$$

де K_i – технічний параметр i -ї ВЕУ; $K_i^+ = \max K_i$; $K_i^- = \min K_i$; $K_i^+ \neq K_i^-$, $i = \overline{1, n}$.

Для знаходження ефективності кожної ВЕУ використано адитивний підхід (залежність 3)

$$C_\Sigma = \varpi_1 K_1 + \varpi_2 K_2 + \dots + \varpi_n K_n, \quad j = \overline{1, n} \quad (3)$$

де K_j – j -й технічний параметр ВЕУ; ϖ_j – ваговий коефіцієнт важливості j -го технічного параметру.

Значення вагових коефіцієнтів визначено за допомогою методу Сааті.

На другому кроці розв'язуємо задачу пакування рюкзака, нормалізуємо вихідні значення технічних параметрів ВЕУ та обчислюємо інтегральну оцінку. Для реалізації такого алгоритму розроблено програмні засоби.

За таким алгоритмом відбуваються всі 8640 обчислювальні експерименти. Необхідно додати, що значення набраної сумарної потужності після кожного експерименту зберігаються в окремому масиві для подальшого аналізу і статистики, підрахунку відхилень і т.п.

Особливості проведення висчислювального експерименту. В процесі проведення експерименту кількість ітерацій була рівною $24 \cdot 30 \cdot 12 = 8640$ – симуляція для одного року роботи ВЕС. При цьому, потужність генерувалася випадковим чином на діапазоні [100; 2500] кВт. Задана сумарна потужність ВЕС дорівнює 70000 кВт. Як критерії ефективності визначено: час напрацювання турбін (рис. 1), год; вироблена потужність (рис. 2), кВт; число комутацій (рис. 3); технічний стан. Отримані результати записано у базу даних, на основі чого проведено статистичний аналіз усіх критеріїв. Окрім того, результати розв'язання задачі пакування рюкзака, а саме область набраних потужностей, показано на рис. 4.

Для подальшого визначення узагальненої ефективності, слід оцінити поточний стан параметрів кожної ВЕУ. Наприклад, для критерію напрацювання виконуємо такі кроки: визначаємо ВЕУ з максимальним часом напрацювання; знаходимо ВЕУ з мінімальним часом напрацювання; тоді знаходимо середній час напрацювання і значення розсіювання у %.

Такі ж самі кроки виконуємо для критеріїв: вироблена потужність, кількість комутацій і технічний стан [1].

Для зручності аналізу усі критерії нормалізовано [4]. Встановлено інтервал нормалізації значень [0;999].

Результати дослідження. Проаналізувавши область набраних потужностей, встановлено, що розмах варіації складає від $R = 419$ кВт, середнє лінійне відхилення $l = 36$ кВт, дисперсія сукупності значень $\sigma^2 = 2349$, середнє квадратичне відхилення $\sigma = 48,46$ кВт, лінійний коефіцієнт варіації $V = 0,045\%$, квадратичний коефіцієнт варіації $V = 0,06\%$.

Час напрацювання



Рис. 1

Вироблена потужність



Рис. 2

Кількість комутацій

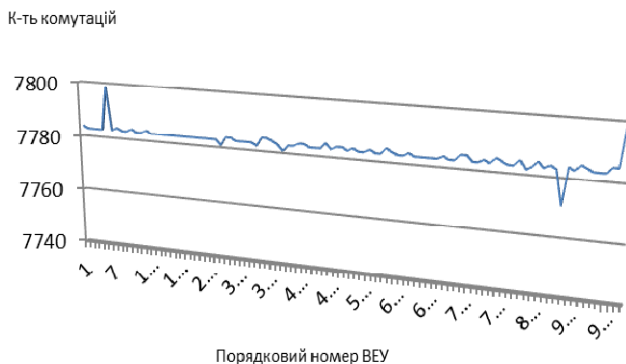


Рис. 3

Результати розв'язання задачі пакування рюкзака

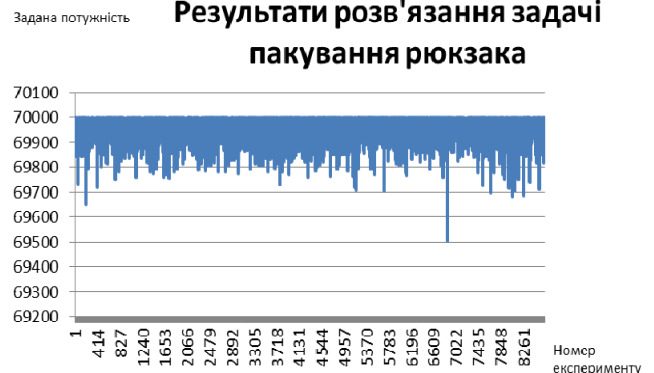


Рис. 4

Висновок. В результаті досліджень розроблено метод визначення динамічної структури вітрової електростанції з використанням узагальнюючого критерію ефективності вітрових електроустановок та засобів розв'язання оптимізаційних задач.

На підставі аналізу розрахунку числа комутацій кожної вітрової електроустановки за однакових умов визначено, що застосування розробленої системи підтримки прийняття рішень зменшує середній показник на 6,7%.

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш. шк., 2003. – 479 с
2. Медиковський М.О., Шуневич О.Б. Багатокритеріальний метод оцінювання ефективності вітроенергетичної установки // Вісник інженерної академії України. – 2010. – Вип. 3-4. – С. 240–245.
3. Медиковський М.О., Шуневич О.Б. Дослідження ефективності методів визначення вагових коефіцієнтів важливості // Вісник Хмельницького національного університету. – 2011. – № 5. – С. 176–182.
4. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 64 с.

УДК 004.891; 004.942

ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАВНОМЕРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Н.А.Медиковский, докт.техн.наук, **В.Н.Теслюк**, докт.техн.наук, **О.Б.Шуневич**, канд.техн.наук
Национальный университет «Львовская политехника»,
ул. С. Бандери, 12, Львов, 79013, Украина.
e-mail: oleh.shunevych@gmail.com

Разработан метод определения необходимого и возможного набора включенных ветровых электроустановок в настоящее время. Путем компьютерного имитационного моделирования проведена проверка равномерности износа ВЭУ (ветровых электроустановок). Воспроизведено поведение исследуемой системы во времени средствами дискретно-событийного моделирования, в результате чего осуществлялось определение состава ветровой электростанции. Результаты каждого отдельного эксперимента записывались в массив данных, после чего осуществлялось оценки результатов совокупности экспериментов. Библиограф. 4, рис. 4.

Ключевые слова: ветровая электростанция, ветровая электроустановка, упаковки рюкзака, интегральная оценка, эффективность.

THE USE OF DYNAMIC PROGRAMMING FOR THE PROBLEM OF THE UNIFORM USE OF WIND PLANTS

М.О.Медыковский, **В.М.Теслюк**, **О.Б.Шуневич**
National University “Lviv Polytechnic”,
str. S.Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine.
e-mail: oleh.shunevych@gmail.com

Developed the method for determining required and possible set of enabled wind turbines in real time. By means of computer simulation the examination of the uniformity of windmills' (wind plants) wear has been realized. The behaviour of the studied system in time by means of the discrete-event simulation has been reproduced, as a result of what the determination of wind power station's structure has been realized a fixed number of times. The results of each experiment were recorded in a data set, and then the evaluation of these experiments' sets was carried out. References 4, figures 4.

Key words: wind farm, wind turbine, knapsack problem, integrated evaluation, efficient.

1. Gmurman V.E. Probability theory and mathematical statistics. – Moskva: Vysschaia shkola, 2003. – 479 p. (Rus)
2. Medykovskyi M.O., Shunevych O.B. Multicriteria method efficiency evaluation of wind turbine // Visnyk Inzhenernoi Akademii Ukrainy. – 2010. – Vypusk 3–4. – Pp. 240–245. (Ukr)
3. Medykovskyi M.O., Shunevych O.B. Efficient Investigation of method for determining the weight coefficients importance // Visnyk Khmelnytskoho Natsionalnoho Universytetu. – 2011. – № 5. – Pp. 176–182. (Ukr)
4. Podinovskiy V.V. Introduction to the importance of criteria in multicriteria decision-making problems. – Moskva: FIZMATLIT, 2007. – 64 p. (Rus)

Надійшла 10.02.2014