

УДК 004.336

О. П. ГОЖИЙ, І. О. КАЛІНІНА, Н. Ю. АНДРЕЕВА

Чорноморський державний університет ім. П. Могили, Миколаїв, Україна

ДИНАМІЧНЕ ПЛАНУВАННЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ В АВТОНОМНІЙ ЕНЕРГОСИСТЕМІ

В роботі досліджується процес оптимального розподілу енергоресурсів в автономній енергетичній системі між користувачами, потреби яких змінюються сезонно. Альтернативними джерелами енергії для автономної енергетичної системи є сонячні батареї, вітрогенератор та дизельгенератор. Для вирішення задачі використано поетапний процес динамічного планування розподілу енергії між користувачами, та для оптимального розподілу застосовано багатокритеріальні генетичні алгоритми NSGA-II, AMGA-2 та ϵ -MOEA. За допомогою яких обчислено оптимальний сезонний розподіл енергії між споживачами та постачальниками. Для вирішення задачі розроблено інформаційну систему для планування розподілу енергетичних ресурсів. Проаналізовано обчислювальну складність багатокритеріальних генетичних алгоритмів. Наведено рекомендації при використанні генетичних алгоритмів в задачах динамічного планування ресурсів.

Ключові слова: динамічне планування, альтернативні джерела енергії, процес динамічного планування, оптимальний розподіл енергетичних ресурсів, багатокритеріальні генетичні алгоритми.

Вступ

Проблема оптимального розподілу енергоресурсів між споживачами, відповідно до їх потреби, завжди актуальна. Використання автономних енергетичних систем мотивується потребою в розширенні ефективного використання відновлюваної або залишкової енергії в районах де немає централізованого енергетичного постачання, а також намаганням підвищити загальну ефективність використання енергії в локальній автономній енергетичній мережі [9]. На практиці в процесі експлуатації автономних енергетичних систем можуть накопичуватись певні варіанти планів розподілу ресурсів між споживачами, які потенційно є оптимальними. При цьому доволі складно прийняти рішення про те, що певний варіант є оптимальним. Виникають питання з мінімізації витрат, споживання енергії, характеристик устаткування тощо. Метод динамічного планування спроможний шукати оптимальні рішення з розподілу енергії у енергетичних системах з урахуванням цілей різних типів, які можуть враховувати, скажімо, фактори зовнішнього середовища, економічні фактори, структурні фактори та інші.

1. Постановка проблеми

Для вирішення проблеми оптимального розподілу енергії від різних джерел до різних постачальників та до різних груп споживачів, необхідно вирі-

шити послідовно декілька задач. Перша задача це визначення з джерелами енергії, з системами постачання енергії та споживачами енергії. Друга задача це побудова моделі процесу для детального визначення та дослідження ключових параметрів системи. Третя задача розробка алгоритмів для вирішення задачі оптимального розподілу. Оскільки в задачі присутні ще часові обмеження, то необхідно вирішити задачу оптимального динамічного планування.

2. Дослідження проблеми

Автономна енергетична система представляє собою систему, яка складається з джерел енергії, підсистем, які генерують енергію, та систем споживачів енергії. Структура такої системи представлена на рис. 1.

В системі, яка досліджується, розглядаються три типи енергетичних ресурсів: енергія вітру, електричний струм та сонячна енергія. Крім цього, існують чотири типи енергетичних потреб: потреба в охолодженні, потреба в обігріві, потреба в прісній воді та потреба в електричному струмі. Для обчислення споживання енергії в системі необхідно спочатку створити модель, яка у нашому випадку складатиметься з трьох елементів: ресурс палива, обладнання та устаткування системи, та потреба в енергії. На рис. 2 показано співвідношення між елементами, та склад споживачів енергії.

Позначення споживачів енергії: ЕН – електрич-

ний насос, АХМ – абсорбційна холодильна машина, ЕБ – електричний бойлер, ТЕЦ – теплоелектроцентр, ФВ – система фотовольтаніки, ОП – система опріснення. Обладнання та устаткування має свої власні характеристики, ресурс палива та найбільш ймовірне споживання. Головна задача полягає в сезонному оптимальному розподілу електричної енергії між споживачами, яка виробляється за допомогою вітрогенератора, сонячних батарей та дизельгенератора.



Рис. 1. Структура автономної енергетичної системи

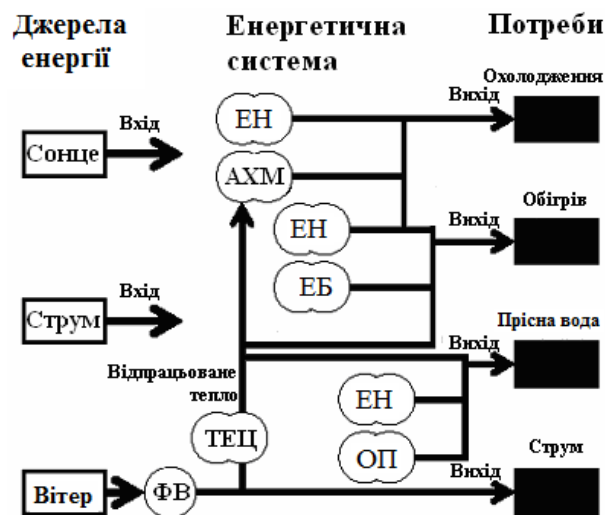


Рис. 2. Структура системи та склад споживачів енергії в автономній енергетичній системі

Для моделювання цієї системи запропоновано використання Кольорових мереж Петрі. Кольорові мережі Петрі дають змогу побудувати адекватну динамічну модель процесу або системи з врахуванням часових параметрів системи. Побудовано 16 моделей розподілу енергії в автономній енергетичній системі, яка побудована в середовищі CPN.

Моделі, які побудовані, дозволили підрахувати часові параметри системи, та моделювати розподіл енергії між постачальниками та споживачами відповідно їх сезонних потреб.

Для вирішення задач оптимального планування розподілу енергії доцільним є використання багатокритеріальних генетичних алгоритмів [4, 5]. Багатокритеріальні генетичні алгоритми набули значний розвиток останнім часом, вони базуються на еволюційних принципах та знайшли широке застосування, адже більшість інженерних задач характеризуються НР-складністю, тому часто бажаним є швидке обчислення наближених розв'язків.

Еволюційні алгоритми (ЕА) є техніками адаптивного пошуку, які базуються на природних принципах. Адаптивна природа ЕА використовувалася для розробки алгоритмів оптимізації шляхом створення відповідних операторів варіації і апроксимованих функцій придатності [6]. Генетичний алгоритм (ГА) – це одна з еволюційних технік, яка може успішно використовуватись як інструмент оптимізації. Як правило, ГА працює з популяцією (набором розв'язків), а не з одним розв'язком (індивідом). Підхід на основі популяції у ГА робить його стійким до передчасного сходження, тобто це потужний інструмент для роботи з нелінійними і мультимодальними функціями. Більшість дослідницьких робіт у сфері багатокритеріальних еволюційних підходів представляють і порівнюють різні алгоритми. З усього різноманіття багатокритеріальних генетичних алгоритмів обрано 3 алгоритми: NSGA-II, AMGA-2 та ε-MOEA [1 - 3]. Алгоритми реалізовано в спеціалізованій інформаційній системі. В якості входних даних запропоновано структуру хромосоми, яка представлена в таблиці 1.

На рис. 3 показано результати вирішення задачі оптимального розподілу електроенергії серед споживачів за алгоритмами NSGA-II, AMGA-2 та ε-MOEA.

Таблица 1

Приклад кодування даних у вигляді хромосоми для генетичних алгоритмів

Номер	1	2	3	4	5	6	7	8
Назва	ЕН1	АХМ	ЕН2	ЕБ1	ЕН3	ЕБ2	ТЕЦ	ФВ
Одиниця	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт	кВт

Результати виконання NSGA-II										
	ЕН-1, кВт	АХМ, кВт	ЕН-2, кВт	ЕБ-1, кВт	ЕН-3, кВт	ЕБ-2, кВт	ТЕЦ, кВт	ФВ, кВт	спож. струму, кВт	поч. витрати, грн
1	0	180	0	0	83	23.3	600	5.2	29.6429	3.4186e+06
2	0	0	0	0	118.2	0	700	0	42.2143	1.70017e+06
3	0	180	0	0	118.2	0	600	5.2	42.2143	3.59152e+06
4	0	180	0	0	83	23.3	600	0	29.6429	3.3583e+06
5	0	180	0	0	118.2	0	600	0	42.2143	3.53122e+06
6	0	0	0	0	83	23.3	700	0	29.6429	1.52725e+06

Результати виконання AMGA-2										
	ЕН-1, кВт	АХМ, кВт	ЕН-2, кВт	ГБ-1, кВт	ЕН-3, кВт	ГБ-2, кВт	ТЕЦ, кВт	ФВ, кВт	спож. струму, кВт	поч. витрати, грн
1	0	0	0	23.3	83	23.3	700	0	29.6429	1.53164e+06
2	0	0	0	31.3	118.2	0	600	0	43.0851	1.60614e+06
3	0	0	0	23.3	118.2	0	600	5.2	42.2143	1.66486e+06
4	0	0	0	23.3	48.3	23.3	1000	0	17.25	1.69821e+06

Результати виконання EPSILON-MOEA										
	ЕН-1, кВт	АХМ, кВт	ЕН-2, кВт	ГБ-1, кВт	ЕН-3, кВт	ГБ-2, кВт	ТЕЦ, кВт	ФВ, кВт	спож. струму, кВт	поч. витрати, грн
1	48.3	180	0	23.3	83	23.3	600	5.2	46.8929	3.63242e+06
2	48.3	180	0	23.3	83	23.3	600	0	48.4785	3.57212e+06

Рис. 3. Результати розрахунків

На рис. 3 показано варіанти розподілу енергії по постачальникам за допомогою алгоритмів NSGA-II, AMGA-2 та ϵ -MOEA. Найбільш оптимальним з точки зору пошуку оптимальних рішень є алгоритм NSGA-II. Всі рішення, які згенеровано цим алгоритмом найбільш наближені до оптимальних.

Висновки

В результаті вирішення задачі динамічного планування розподілу енергоресурсів отримано оптимальний сезонний розподіл енергії між споживачами автономної енергетичної системи. Вирішення задачі розподілу здійснювалось за допомогою багатокритеріальних генетичних алгоритмів. Аналіз результатів роботи багатокритеріальних генетичних алгоритмів свідчить про те, що NSGA-II вимагає для роботи більше часу у порівнянні з іншими алгоритмами, але усі результуючі рішення є потенційно оптимальними. AMGA-2 вимагає трохи менше часу, але в результаті певна кількість розв'язків відсікається. ϵ -MOEA виявився найшвидшим, але прослідковується тенденція повертати розв'язки, над якими домінують рішення, отримані за допомогою інших алгоритмів. В результаті вирішення задачі планування ресурсів, можна зробити висновок, що використання багатокритеріальних генетичних алгоритмів є ефективним.

Література

1. Гожий, О. П. Аналіз ефективності багатокритеріальних генетичних алгоритмів в задачах прийняття рішень [Текст] / О. П. Гожий, О. О. Маленовський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Сер. Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2012. – Вип. 732. – С. 247-260.
2. Гожий, А. П. Многокритериальные эволюционные методы и алгоритмы в задачах принятия решений сценарного планирования [Текст] / А. П. Гожий // Системные технологии. Региональный межвуз. сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2012. – № 2 (79). – С. 20-29.
3. Goldberg, D. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Reading [Text] / D. Goldberg. – MA: Addison-Wesley, 1989. – 220 p.
4. Schaffer, J. Multiple objective optimization with vector evaluated genetic algorithms. [Text] / J. Schaffer // In: Proceedings of the international conference on genetic algorithm and their applications. – 1985. – P. 18-26.
5. Komamura, K. Optimal Design Method for Buildings & Urban Energy Systems Using Genetic Algorithms [Text] / K. Komamura, R. Ooka // Building Simulation: 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition. – 2007. – P. 523-528.

6. Sundberg, G. *Investments in combined heat and power plants: influence of fuel price on cost minimized operation [Text]* / G. Sundberg, D. Henning // *Energy Conversion and Management*. – 2002. – Vol. 43. – P. 639-950.

7. Henning, D. *MODEST - An energy system optimisation model applicable to local utilities and countries [Text]* / D. Henning // *Energy*. – 1997. – Vol. 22. – P. 1135-1150.

8. Kayo, G. *Application multi-objective genetic algorithm for optimal design method of distributed energy system [Text]* / G. Kayo, R. Ooka // *Eleventh International IBPSA Conference, Glasgow, Scotland, 2009 July 27-30*. – 2009. – P. 28-34.

9. Ooka, R. *Optimal Design Method for Distributed Energy System Utilizing Waste Heat By Means of Genetic Algorithms*. / R. Ooka, G. Kayo // *Renewable Energy Conference*. – 2008. – P. 30-35.

Поступила в редакцию 2.06.2014, рассмотрена на редколлегии 17.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М. П. Мусієнко, Чорноморський державний університет ім. П. Могили, Миколаїв, Україна.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

А. П. Гожий, И. А. Калинина, Н. Ю. Андреева

В работе исследуется процесс оптимального распределения энергоресурсов в автономной энергетической системе между пользователями, потребности которых изменяются сезонно. Альтернативными источниками энергии для автономной энергетической системы являются солнечные батареи, ветрогенератор и дизельгенератор. Для решения задачи использован поэтапный процесс динамического планирования распределения энергии между пользователями, и для оптимального распределения применены многокритериальные генетические алгоритмы NSGA-II, AMGA-2 и ϵ -MOEA. С помощью которых вычислено оптимальное сезонное распределение энергии между потребителями и поставщиками. Для решения задачи разработана информационная система для планирования распределения энергетических ресурсов. Проанализирована вычислительная сложность многокритериальных генетических алгоритмов. Приведены рекомендации при использовании генетических алгоритмов в задачах динамического планирования ресурсов.

Ключевые слова: динамическое планирование, альтернативные источники энергии, процесс динамического планирования, оптимальное распределение энергетических ресурсов, многокритериальные генетические алгоритмы.

DYNAMIC PLANNING RESOURCE ALLOCATION IN THE AUTONOMOUS ENERGOSYSTEMS

A. P. Gozhyi, I. A. Kalinina, N. Yu. Andreeva

The paper explores the process of optimal allocation of energy resources in the autonomous energy system between users whose needs vary seasonally. Energy sources for autonomous energy system is solar panels, wind turbine and diesel. The problem is solved step by step process of dynamic scheduling of energy distribution between users, and optimal allocation of multi-criteria applied genetic algorithms NSGA-II, AMGA-2 and ϵ -MOEA. With the help has been calculated optimal seasonal energy distribution between consumers and suppliers. To solve the problem was to develop an information system for planning the topic distribution of energy resources. Analyzed the computational complexity of multi objective genetic algorithms. The recommendations using genetic algorithms in problems of dynamic resource planning.

Keywords: dynamic planning, alternative energy sources, the process of dynamic planning, the optimal allocation of energy resources, multi-criteria genetic algorithms.

Гожий Александр Петрович – канд. техн. наук, доцент, декан факультету комп'ютерних наук Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: alex_daos@mail.ru.

Калініна Ірина Олександрівна – канд. техн. наук, доцент, Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна.

Андреева Наталля Юрійвна – аспірант, Чорноморського державного університету ім. П. Могили, Миколаїв, Україна.