

ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ НА ПІДСТАВІ ПРИНЦИПУ ГАМІЛЬТОНА

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглядається система оптимального керування розосередженими джерелами електроенергії (РДЕ) в локальній електричній системі. Критерієм оптимальності є максимум прибутку від експлуатації РДЕ. Система автоматичного керування побудована на засадах принципу Гамільтона.

Ключові слова: *принцип Гамільтона, математичні моделі, оптимізація системи.*

Abstract

The system of optimal management of distributed sources of electricity in the local power grid is considered. The criterion of optimality is the maximum profit from exploitation. The automatic control system is based on Hamilton's principle

Keywords: *the principle of Hamilton's, mathematical models, system optimization.*

Вступ

На сьогодні намітився і реалізується на практиці поступовий перехід від централізованого електропостачання споживачів, основою якої є потужні теплові та атомні електричні станції, до комбінованого, коли частина електроенергії виробляється розосередженими джерелами. Вони працюють безпосередньо в розподільних електричних мережах, розвантажуючи тим самим магістральні мережі. Розподільні електричні мережі (РЕМ) при цьому набувають рис локальної електричної системи (ЛЕС).

В локальних електричних системах (ЛЕС) можуть використовуватися одночасно малі ГЕС, сонячні та вітрові електростанції (СЕС та ВЕС). Оскільки вони відрізняються технічними й економічними характеристиками, то виникають особливості їх використання в ЛЕС.

Результати дослідження

Для моделювання оптимальних режимів роботи груп розосереджених джерел електроенергії (РДЕ), об'єднаних функціональними зв'язками можна застосувати низку методів та підходів, що використовуються у традиційній електроенергетиці. Переважна більшість з них призначена для знаходження чисельних розв'язків оптимізаційних задач, що відповідають заданій сукупності вхідних даних. Однак, для задачі, яка розглядається тут, більш перспективним є підхід, що полягає у отриманні аналітичних розв'язків оптимізаційних задач з їх наступним узагальненням на множину характерних станів досліджуваної динамічної системи. Саме такий підхід має переваги з огляду на кінцеву мету даного дослідження – автоматизацію керування функціонуванням динамічної системи, що складається з сукупності різнотипних РДЕ в РЕМ.

В [1] сформульована задача оптимізації функціонування РДЕ у ЛЕС, яка працює сумісно з ЕЕС (рис.1). Для досягнення максимального прибутку від експлуатації РДЕ на добовому інтервалі часу $[t_0; t_k]$ задача формулюється як мінімізація затрат на електроенергію, взяту з електроенергетичної системи (ЕЕС) (централізоване живлення):

$$\min \left\{ F = \int_{t_0}^{t_k} P_u(t) u(t) dt \right\}, \quad (1)$$

$$\text{за умов } P_u(t) + \sum_{k=1}^n P_k(t) + \sum_{j=1}^m P_j(t) - P_n(t) = 0,$$

де $P_u(t)$ – потужність, що береться з ЕЕС; $P_k(t)$, $P_j(t)$ – потужність відповідно керованих і умовно-керованих РДЕ; $P_n(t)$ – потужність навантаження ЛЕС; $u(t)$ – вартість електроенергії з ЕЕС за багатоступеневим тарифом.

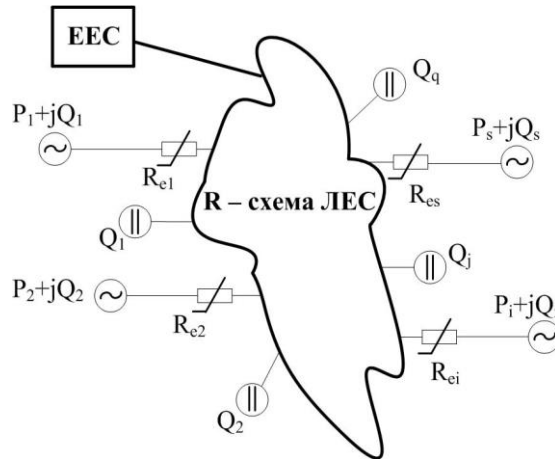


Рисунок 1 - Заступна схема електричної мережі з економічними опорами для комплексної оптимізації

Умови оптимального розподілу навантаження між джерелами електроенергії можна отримати, скориставшись принципом найменшої дії за методикою, викладеною в [2]. Для цього витрати на виробництво електроенергії і-м джерелом розглядаються як вартість втрат електроенергії в активному опорі R_{ei} за такий же проміжок часу. Тоді, якщо генерування джерела енергії на проміжку часу Δt графіка навантаження є постійним, то отримаємо значення таких економічних активних опорів для кожного джерела:

$$R_{ei} = \frac{U_i^2 u_i}{P_i c}, \quad (2)$$

де $u_i(t)$ – вартість електроенергії і-го РДЕ; c – вартість 1 кВт-год втрат електроенергії.

Висновки

Розмістивши джерела електричної енергії за розрахованими таким чином опорами, можна замінити визначення мінімуму сумарних витрат на виробництво електроенергії розрахунком економічного режиму ЛЕС за заступною схемою, складеною тільки із активних опорів елементів ЛЕС та економічних опорів R_{ei} . Процес оптимізації навантаження РДЕ може бути автоматизований в обчислювальному середовищі, наприклад TRACE MODE.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Ковальчук О.А. Оптимальне керування розосередженими джерелами енергії в локальній електричній системі // Праці Інституту електродинаміки НАНУ. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Ч. 1. – 2011. – С. 48–55.
2. Лежнюк П. Д. Принцип найменшої дії в задачах оптимізації електроенергетичних систем / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, В. В. Нетребський // Технічна електродинаміка. – 2006. – №3. – С. 35–41.
3. Лежнюк П. Д. Оптимізація розподілу навантаження між розосередженими джерелами енергії в локальній електричній системі [Текст] / П. Д. Лежнюк, В. В. Нетребський, О. В. Нікіторович // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 2. – С. 38–39.

4. Adaptive optimal control of electric power system operation mode on the base of least action principle [Електронний ресурс] / D. Lezhniuk, V. Netrebskiy, V. Lesko, I. Bartetska // Матеріали XIV міжнародної конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018)", м. Вінниця, 15-17 жовтня 2018 р. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/22778>.

Поповський Андрій Ігорович — студент групи ЕСМ-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Усатий Владислав Володимирович— студент групи ЕС-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Бузурний Євгеній Олександрович — студент групи ЕС-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

Виговський Юрій Михайлович — студент групи ЕСМ-22мз, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Науковий керівник: **Нетребський Володимир Васильович** — кандидат технічних наук, доцент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: netrebskiy@ukr.net

Popovs`kiy A. - student, Vinnitsa National Technical University, student of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine;

Usatiy V. - student, Vinnitsa National Technical University, student of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine;

Buzurniy Y. - student, Vinnitsa National Technical University, student of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine;

Vygovs`kiy Y. - student, Vinnitsa National Technical University, student of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine

Supervisor: Netrebskiy V. – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), docent, Vinnitsa National Technical University, docent of power plants and systems department; Vinnitsa, Ukraine; e-mail: netrebskiy@ukr.net