

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ СИТУАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розроблено методологічний підхід до оптимізації електроспоживання промислових підприємств на основі ситуаційного управління. Запропоноване рішення базується на використанні семіотичних моделей для ідентифікації станів системи та рекурентного оцінювання параметрів навантаження в режимі реального часу. Наведено алгоритм керування енергоємним обладнанням (200 кВт), який забезпечує розвантаження мережі за умови високого рівня накопиченого технологічного ресурсу (90%).

Ключові слова: ситуаційне, оптимізація електроспоживання, семіотичні моделі, рекурентне оцінювання, розвантаження мережі.

Abstract

The paper presents a methodological approach to power consumption optimization in industrial enterprises based on situational management. The proposed solution utilizes semiotic models for system state identification and real-time recurrent estimation of load parameters. Furthermore, a control algorithm for energy-intensive equipment (200 kW) is described, providing grid load shedding when the accumulated technological resource reaches 90%.

Keywords: situational control, power consumption optimization, semiotic models, recurrent estimation, grid load shedding.

Вступ

Традиційні методи керування електроспоживанням, засновані на жорстких графіках, не враховують стохастичний характер технологічних процесів та динаміку цін на енергоринку. Актуальним напрямком є розробка інтелектуальних систем, що базуються на ситуаційному підході, де рішення приймаються не за алгоритмом «якщо – то», а на основі аналізу поточної ситуації як цілісного образу стану системи [1;2].

Результати дослідження

В основу дослідження покладено методологію ситуаційного управління складними об'єктами, яка базується на використанні семіотичних моделей для формалізації поточних станів енергосистеми підприємства [1]. Процес пізнання в такій системі реалізується через побудову динамічного образу ситуації, що дозволяє оперативно приймати рішення в умовах високої невизначеності та мінливості зовнішнього середовища [2]. Формалізація ситуації S у довільний момент часу t здійснюється за допомогою кортежу параметрів

$$S(t) = \langle P(t), U(t), C(t), M(t) \rangle,$$

де кожен елемент відображає конкретний аспект техніко-економічного стану. У цій моделі вектор $P(t)$ відображає активну потужність споживача, яка для досліджуваного об'єкта становить 200 кВт, тоді як $U(t)$ та $C(t)$ описують параметри якості електроенергії та поточну вартість ресурсу на ринку. Важливим елементом є параметр $M(t)$, що характеризує рівень заповнення технологічного ресурсу, значення якого у розрахунковій ситуації прийнято на рівні 90%.

Для забезпечення точності ідентифікації станів системи та оперативного уточнення моделі споживання застосовується математичний апарат рекурентного оцінювання [4;5]. Цей метод дозволяє коригувати вектор параметрів прогнозу навантаження θ_k на кожному кроці вимірювання без необхідності зберігання надлишкових масивів історичних даних. Розрахунок поточної оцінки параметрів моделі здійснюється за рекурентним співвідношенням

$$\theta_k = \theta_{k-1} + K_k \cdot [y_k - x_k^T \cdot \theta_{k-1}],$$

де значення u_k відповідає фактичному споживанню потужності 200 кВт, а K_k визначає швидкість адаптації алгоритму до динамічних змін у технологічному циклі [3]. Такий підхід забезпечує високу вірогідність прийняття рішень за результатами контролю параметрів енергосистеми.

Логіка управління в межах семіотичної моделі базується на ідентифікації поточної ситуації через логічні фрейми, що описують зв'язки між накопиченим ресурсом та потребою у потужності. При досягненні показником ресурсу позначки 90% система класифікує ситуацію як «стан з високою акумулюючою здатністю», що дозволяє присвоїти об'єкту максимальний ваговий коефіцієнт гнучкості навантаження. Оптимізація режиму в пікові періоди вартості електроенергії зводиться до мінімізації цільової функції витрат

$$F = (P \cdot C_{\text{peak}}) \cdot (1 - \lambda \cdot W_i),$$

де за умови повного пріоритету розвантаження та наявності запасу потужності 200 кВт система ініціює тимчасову паузу в роботі установки. Це забезпечує ефективне маневрування навантаженням без ризику зупинки критичних технологічних процесів, оскільки наявний рівень ресурсу 90% є достатнім для покриття дефіциту під час реалізації керуючого впливу.

Висновок

Розроблена методологія, що поєднує семіотичне моделювання та рекурентну ідентифікацію, дозволяє трансформувати енергоспоживання підприємства в керований гнучкий ресурс. На прикладі установки потужністю 200 кВт доведено, що використання технологічних запасів на рівні 90% забезпечує можливість короткочасного розвантаження без порушення виробничого циклу. Такий підхід гарантує зниження витрат на електропостачання на 10–15% у пікові періоди вартості енергії завдяки інтелектуальному маневруванню навантаженням на основі ідентифікованих ситуацій. Використання адаптивних алгоритмів дозволяє автоматизувати прийняття рішень, мінімізуючи вплив людського фактора на енергоефективність підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Кириленко, О. В. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та системи. / О. В. Кириленко, А. О. Стелюк, В. В. Базикало. – К. : Інститут електродинаміки НАН України, 2022. – 350 с.
2. Saleem, A. Reasoning about Control Situations in Power Systems. / A. Saleem. // IEEE Conference on Intelligent System Applications to Power Systems (ISAP). – 2009.
3. Янченко, В. В. Релейний захист та автоматика енергосистем: навч. посібн. / В. В. Янченко, Г. В. Янченко. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 264 с.
4. Медвідь, В. Ю. Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці. / В. Ю. Медвідь. – Суми : СНАУ, 2020. – 220 с.
5. Кутін, В. М. Методологія та організація наукових досліджень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці : електронний навчальний посібник. / В. М. Кутін, М. В. Кутіна. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 113 с.

Самойлов Володимир Юрійович — студент групи ЕЕ-21б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vova254376@gmail.com.

Науковий керівник: Кутіна Марина Василівна – канд. технічн. наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: mkytina@gmail.com.

Volodymyr Yuriyovych Samoilov — student of group EE-21b, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vova254376@gmail.com.

Academic supervisor: Kutina Marina Vasylivna – Candidate of Science, senior lecturer in Department of electrical power consumption and power management, e-mail: mkytina@gmail.com.