

ВИКОРИСТАННЯ ПРОЦЕДУР СТАТИСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ В СКЛАДНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМАХ

Давиденко В. А., Давиденко Л. В., Коменда Н. В.

Луцький національний технічний університет

Запропоновано процедуру використання методів статистичного контролю якості для аналізу ефективності електроспоживання, що забезпечує виявлення негативних тенденцій та причин, що їх зумовлюють.

Постановка проблеми. В умовах дефіциту власних енергоресурсів, конкуренції за світові ПЕР та збільшення їх вартості проблема енергозбереження та підвищення енергоефективності не втрачає своєї актуальності. Енергоефективність виробничої системи визначається специфікою технологічного процесу та характеризує здатність об'єкта дослідження ефективно функціонувати в певних умовах та вимагає раціонального використання енергоресурсів, в тому числі, електроенергії, що потребує аналізування електроспоживання та виявлення негативних тенденцій

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Електроспоживання на підприємстві залежить від виробничих умов, які характеризують дане виробництво. Склад факторів, що впливають на рівень електроспоживання залежить від специфіки виробничої системи, хоча значна кількість факторів за своїм змістом є однаковою для різних виробництв. Для опису режиму електроспоживання промислових об'єктів, необхідно враховувати всю сукупність виробничих та технологічних факторів, що описують стан як всієї системи, так і її підсистем; відображають умови їх роботи [1].

Для забезпечення ефективності електроспоживання необхідно не лише визначити фактори, які впливають на енерговикористання, вибрати прості, достовірні методи моделювання для планування ефективних режимів роботи виробничої системи та її структурних елементів, а й здійснювати аналізування та контролювання поточного стану енерговикористання та ефективності впровадження енергозберігаючих заходів. Зважаючи на потребу систематичного управління енергоспоживанням, необхідно здійснювати оперативний контроль енергоефективності [2], одним із шляхів реалізації якого є організація системи управління якості виробничої системи.

Мета статті. Створення передумов для дієвого управління енергозбереженням шляхом використання процедур статистичного контролю якості для виявлення негативних тенденцій у електроспоживанні.

Основні матеріали дослідження. Аналіз функціонування промислового підприємства як складної виробничої системи вимагає вивчення внутрішньої багатопланової діяльності його об'єктів, оцінювання ефективності використання наявних видів ресурсів. Система представляється як сукупність необхідних для її існування і функціонування компонентів [3]:

$$S \underset{\text{def}}{=} \langle Z, STR, TECH, COND \rangle, \quad (1)$$

де $Z = \{z\}$ - сукупність цілей функціонування;

$STR = \{STR_{\text{вир}}, STR_{\text{орг}}, \dots\}$ - сукупність структур, що реалізують мету: виробничих, організаційних;

$TECH = \{\text{meth, means, alg, } \dots\}$ - сукупність технологій (методи, засоби, алгоритми);

$COND = \{\phi_{\text{зовн}}, \phi_{\text{внутр}}\}$ - умови існування системи - чинники, що впливають на її функціонування.

Узагальнена властивість системи, що характеризує її пристосованість до виконання поставлених завдань, являє собою її ефективність. Теорія ефективності пов'язана з визначенням якості систем і процесів, що їх реалізують, а предметом вивчення є оцінка якості характеристик і ефективності функціонування. Поняття якості трактується як узагальнена характеристика системи, що виражає її корисність. Ефективність представляє якість функціонування системи та залежить від властивостей системи, способу її застосування та від впливів зовнішнього середовища. Кожна i -а якість j -ї системи, $i = 1 \dots, n$; $j = 1 \dots, m$, може бути описана вихідною змінною q_i^j , що відображає певну властивість системи. Узагальненим показником якості системи є вектор $Q^j = \langle q_1^j, q_2^j, \dots, q_p^j, \dots, q_n^j \rangle$, що містить сукупність властивостей системи, компонентами якого є показники якості окремих властивостей. Показники ефективності характеризують процес і ефект від функціонування системи. Узагальненим показником ефективності j -ї системи є вектор $Y^j = \langle y_1^j, y_2^j, \dots, y_p^j, \dots, y_n^j \rangle$, що містить сукупність властивостей системи з точки зору її функціонування, а його компонентами є показники ефективності.

З урахуванням поняття ефективності функціонування складної виробничої системи моделювання її електроспоживання потребує розгляду особливостей режимів роботи структурних елементів, їх ефективності функціонування, їх узгодженості для різних ієрархічних рівнів, моделювання кожного окремого виробничого процесу. Врахування по можливості максимальної кількості факторів (а також показників, що їх визначають), що впливають на результат, є важливим моментом достовірності отриманих висновків. Побудова адекватної моделі електроспоживання в складній виробничій системі вимагає достатньо повного врахування домінуючих чинників, використання багаторівневої системи показників, яка б забезпечувала можливість аналізування ефективності енерговикористання на різних ієрархічних рівнях виробничої системи та виявляти вплив чинників, що зумовлюють нераціональні витрати електроенергії. При цьому необхідним є врахування латентних зв'язків між показниками енер-

гоефективності, що мають місце у вихідній сукупності [4], та надання виявленим зв'язкам певного математичного вираження. Побудова лінійних комбінацій головних компонент та показників енергоефективності, дозволяє оцінити ступінь зв'язку між показниками та латентними факторами та дослідити вплив кожного з показників на зміну узагальнюючого фактору та електроспоживання. Це дає можливість спростити процедуру моделювання електроспоживання в складній виробничій системі та отримати з урахуванням доцільної кількості показників енергоефективності адекватну модель електроспоживання, яка не заперечує причинно-наслідкові зв'язки, забезпечує достатню точність прогнозування електроспоживання в виробничій системі та дозволяє представити модель електроспоживання через головні компоненти [1]:

$$\hat{W} = 875,2842 + 9,3931F_1 + 43,9796F_2 + 7,4065F_3. \quad (2)$$

де F_1, F_2, F_3 – головні компоненти, які описують латентні зв'язки між показниками енергоефективності [4]: F_1 - "технологічна" компонента; F_2 - "технічна" компонента; F_3 – компонента "власних потреб".

Наступним етапом є аналізування електроспоживання з метою виявлення негативних тенденцій та причин, що їх зумовлюють, та здійснення оперативного управління ефективністю енерговикористання. Для цього передбачається побудова систем контролю і планування (КіП) енергоспоживання [2]. Процедура контролю повинна забезпечувати оперативне визначення моментів невідповідності зниження (підвищення) рівня ефективності електроспоживання та давати обґрунтовану оцінку, з яких причин (об'єктивних чи суб'єктивних) відбулись ці зміни. Коректне встановлення цільових змінних та подальше застосування процедури контролю енергоефективності є важливим моментом для прийняття рішень стосовно результативності впровадження заходів з енергозбереження. Дана процедура здійснюється з метою виявлення відхилень досягнутих результатів від запланованих та оперативного регулювання відповідних процесів. Для здійснення контролю рівня енергоефективності використовують «стандарти» електроспоживання, побудовані у вигляді довірчих інтервалів, визначених для відповідних математичних моделей. Зниження рівня енергоефективності констатують у випадку знаходження фактичних значень електроспоживання вище верхньої межі довірчого інтервалу, а підвищення – у випадку їх знаходження нижче нижньої межі [2]. Контроль ефективності електроспоживання шляхом по-

рівняння фактичного електроспоживання з встановленими межами довірчих інтервалів дозволяє здійснювати моніторинг результатів впровадження заходів з енергозбереження, визначити "критичні" періоди, зробити висновки щодо енергоефективності у порівнянні зі встановленим "стандартом", проте не дозволяє зробити висновки про невідповідність зниження (підвищення) ефективності електроспоживання, виявити причини зміни рівня енергоефективності, які можуть бути зумовлені як "випадковими", так і "спеціальними" чинниками, пов'язаними із зміною параметрів технологічного процесу. Тому, для контролю ефективності електроспоживання в складних виробничих системах доцільним є використання методів статистичного контролю якості (Statistical Quality Control – SQC). Для реалізації поточного контролювання ефективності електроспоживання зручним є використання контрольних карт Шухарта, зокрема, контрольних карт індивідуальних значень [5].

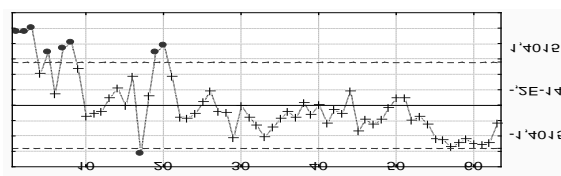


Рисунок 1 – Контрольна карта індивідуальних значень для електроспоживання

Враховуючи інтерпретацію контрольних карт Шухарта з позицій енергоефективності виробничої системи [5], можна стверджувати: наприкінці періоду спостереження виробнича система працювала з високим рівнем енергоефективності. Хоча протягом періоду спостереження мала місце робота не лише з задовільним та низьким рівнем енергоефективності, а й незадовільний рівень, який візуалізується виходом точок за верхню контрольну межу. Для виявлення причин такого стану справ доцільним є контролювання головних компонент.

Аналіз поверхонь залежності між головними компонентами та електроспоживанням (рис.2), які забезпечують візуалізацію впливу головних компонент на зміну електроспоживання, дозволяє стверджувати: різке збільшення електроспоживання спостерігається при великих (або малих) значеннях одночасно технологічної F_1 , малих значеннях технічної F_2 компоненти та великих значеннях компоненти власних потреб F_3 .

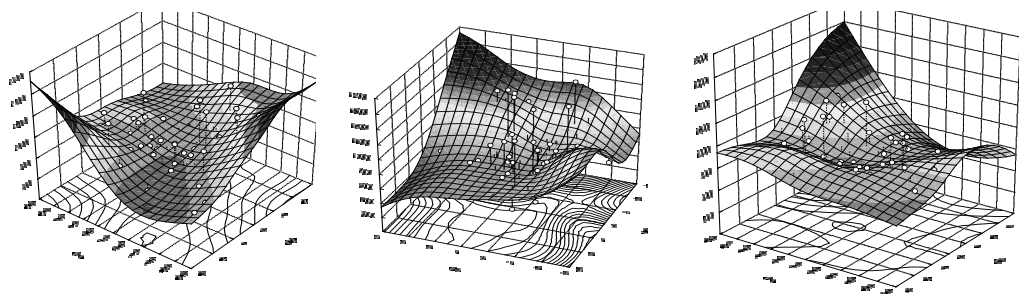


Рисунок 2 – Поверхні залежності електроспоживання та головних компонент

Тобто компоненти F1 та F3 – є дестимуляторами енергоефективності (їх зростання зумовлює зростання електроспоживання), а компонента F2 – є стимулятором енергоефективності, що накладає свій відбиток на інтерпретацію контрольних карт, побудованих для головних компонент (рис. 3).

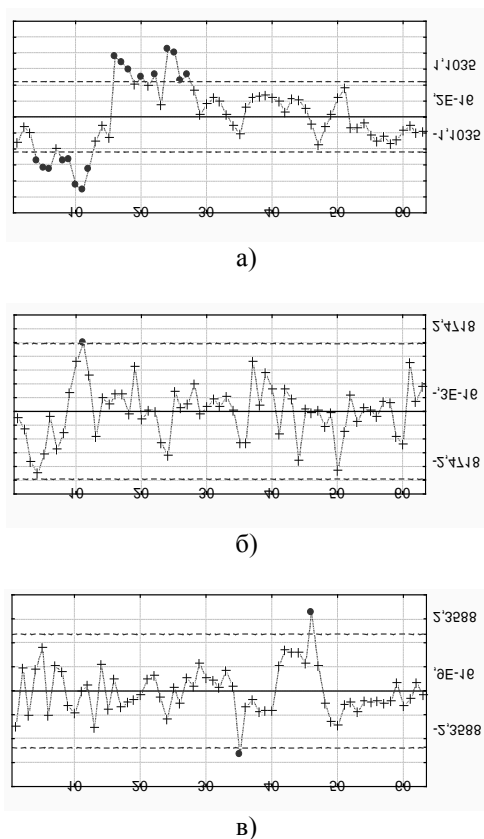


Рисунок 5 – Контрольні карти індивідуальних значень для головних компонент: а) технологічної - F1; б) технічної – F2; в) власних потреб - F3

Для дестимуляторів зона незадовільного рівня енергоефективності відповідає діапазону контрольної карти над верхньої контрольною межею, а для стимуляторів – під нижньою. Спільний аналіз контрольних карт дозволяє попередньо виявити причини, які зумовлюють зниження рівня ефективності електроспоживання. Наприклад, причиною незадовільного рівня енергоефективності на початку періоду спостереження в основному є технічна складова F2, в подальшому - технологічна складова F1.

Висновки. Забезпечення високого рівня енергоефективності виробничої системи потребує дієвого управління енергозбереженням, систематичного аналізування та контролю електроспоживання з урахуванням змін показників енергоефективності. Використання процедур статистичного контролю якості як для контролю електроспоживання, так і чинників, що впливають на нього, визначених з урахуванням існуючих латентних зв'язків між показниками енергоефективності, сприяє виявленню негативних тенденцій, а сукупний аналіз контрольних карт дозволяє встановити причини, що зумовлюють їх виникнення.

Список використаних джерел

1. Давиденко Л. В. Моделювання електроспоживання у складних виробничих системах з урахуванням латентних взаємозв'язків у сукупності показників енергоефективності / Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. №2/ 2014 (85). – С. 40-46.
2. Находов В. Ф. Моніторинг показників енергоспоживання в системі енергетичного менеджменту / В. Ф. Находов, О. О. Пецкова, Д. О. Іванько // Енергетика: економіка, технології, екологія. Наукові праці НТУУ "КПІ", ІЕЕ. – К.: НТУУ "КПІ", ІЕЕ, 2015. – 480 с. – С. 210-217.
3. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник / Под ред. В. Н. Волковой и А.А. Емельянова. - М.: Финансы и статистика, 2006. - 848 с.
4. Давиденко Л. В. Виявлення прихованих взаємозв'язків у вихідній сукупності показників енергоефективності складних виробничих систем / Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Вип. №3/ 2013 (80). – С. 44-49.
5. Давиденко В. А. Інтерпретація контрольних карт Шухарта для визначення рівня ефективності електроспоживання на об'єктах водопостачання / В. А. Давиденко, Л. В. Давиденко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ. - 2012. – Вип. №4 (75). – С.23-28.

Аннотация

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУР СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ В СЛОЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

Давыденко В. А., Давыденко Л. В., Коменда Н. В.

Предложена процедура использования методов статистического контроля качества для анализа эффективности электропотребления, обеспечивающая выявление негативных тенденций и их причин.

Abstract

USING PROCEDURES OF STATISTICAL QUALITY CONTROL FOR THE ANALYZE OF POWER CONSUMPTION EFFICIENCY IN THE COMPLEX MANUFACTURING SYSTEMS

V. Davydenko, L. Davydenko, N. Komenda

The procedure of using the methods of statistical quality control for the power consumption efficiency analyze, which ensure the detection of negative trends and their causes, is proposed.