

*Розроблено методологічне та математичне обґрунтування архітектури експертних систем. Розроблена методологія математичного опису динаміки енергетичних систем. Розроблено граф причинно-наслідкових зв'язків для контролю працездатності й ідентифікації стану енергетичних систем. Представлено термодинамічне обґрунтування допуску як структури та принципу інтелектуального управління тепломасообмінними процесами. Наведені приклади розроблених технологій та оцінена їх ефективність*

*Ключові слова: енергетична система, теплова акумулююча ємність, прийняття рішень*

*Разработано методологическое и математическое обоснование архитектуры экспертных систем. Разработана методология математического описания динамики энергетических систем. Разработан граф причинно-следственных связей для контроля работоспособности и идентификации состояния энергетических систем. Представлено термодинамическое обоснование допуска как структуры и принципа интеллектуального управления тепломасообменными процессами. Приведены примеры разработанных технологий и оценена их эффективность*

*Ключевые слова: энергетическая система, тепловая аккумулирующая емкость, принятие решений*

# ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ НА РІВНІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

**Є.Є. Чайковська**

Кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник, доцент  
Кафедра теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики  
Одеський національний політехнічний університет  
пр. Шевченка, 1, м. Одеса, Україна, 65044  
Контактний тел.: (048) 758-47-67  
E-mail: eechaikovskaya@list.ru

## Вступ

Відомі методи оптимізації - економічний, експертний, термoeкономіки дозволяють визначити оптимальні умови експлуатації енергетичних систем без урахування зміни теплової акумулюючої ємності, що ускладнює узгодження виробництва та споживання енергії та потребує додаткового обладнання [1].

## 2. Постановка задачі.

Реальні умови функціонування енергетичних систем потребують функціональної оцінки зміни теплової акумулюючої ємності, яка, відтворюючи виробництво та споживання енергії у співвідношенні, надає можливість прогнозувати зміну параметрів технологічного процесу, а не ліквідувати наслідки їх зміни.

## 3. Рішення задачі.

У зв'язку із тим, що однією з головних властивостей енергетичних систем є їх обов'язковий обмін з оточуючим середовищем речовиною, енергією й інформацією запропоновано архітектуру експертних систем, основою якої є динамічна підсистема – енергетична си-

стема. Представлено методологічне та математичне обґрунтування запропонованої архітектури експертних систем, що базується на узгодженій взаємодії динамічної підсистеми як основи та блоків у її складі, які прогнозують основні складові технологічного процесу [2-9].

Математичне обґрунтування архітектури експертних систем:

$$ES = \left\{ \begin{array}{l} D(P(\tau) \langle x_0(\tau), x_1(\tau), x_2(\tau), f(\tau), K(\tau), y(\tau), d(\tau) \rangle, R(\tau), P(\tau)), \\ R(\tau), (P_i(\tau) \langle x_i(\tau), f_i(\tau), K_i(\tau), y_i(\tau) \rangle), \end{array} \right\}$$

де  $ES$  - експертна система;  $D$  - динамічна підсистема;  $P$  - властивості елементів експертної системи;  $\tau$  - час, с;  $x$  - умови;  $f$  - параметри, що діагностуються;  $K$  - коефіцієнти математичного опису;  $y$  - вихідні параметри;  $d$  - динамічні параметри;  $R$  - відносини в  $ES$ . Індeksi:  $i$  - число елементів експертної системи; 0, 1, 2 - початковий режим, зовнішній, внутрішній характер впливів.

У зв'язку із нелінійністю динамічних процесів, що протікають в енергетичній системі, представлено методологію математичного опису динаміки енергетичних систем відносно істотних параметрів, що діагностуються, де зміна параметрів представлена

як у часі, так і вздовж просторової координати осі теплообмінника, що співпадає з напрямом руху потоку середовища [2-9]. Виходячи із системно-структурного та математичного обґрунтування архітектури експертних систем запропоновано категорію відношення розглянути у якості організуючих взаємодій не тільки усередині елементів експертної системи, але й усередині елементів динамічної підсистеми. Це здійснено на основі графа причинно-наслідкових зв'язків для виконання динамічною підсистемою функцій контролю працездатності й ідентифікатора стану енергетичної системи щодо можливості визначення нових властивостей елементів експертної системи за наявності математичного опису динамічної підсистеми й окремих елементів експертної системи [2-9]. Представлено термодинамічне обґрунтування допуску як структури та принципу інтелектуального управління тепломасообмінними процесами [2-4].

#### 4. Висновки

Так, наприклад, прийняття рішень на основі оцінки зміни теплової акумулюючої ємності теплоаккумулятора в системі тепlopостачання з використанням сонячної енергії дозволяє знизити собівартість виробництва теплоти та термін окупності геліосистеми на 30-35% за рахунок використання до 85% акумульованої енергії та відсутності додаткової площі геліоколекторів [5].

Встановлення, наприклад, режимів функціонування біогазової установки на основі оцінки зміни теплової акумулюючої ємності сировини надає можливість збільшити економію умовного палива та забезпечити постійний вихід біогазу. Для біодизельної ж установки, наприклад, EXON-500, продуктивністю 12000 літрів біодизелю на добу можливо не тільки зменшити собівартість виробництва біодизелю та термін окупності біодизельної установки, а й зекономити близько 20 т у. п. на рік, що при використанні природ-

ного газу складає близько 17000 м<sup>3</sup> на рік, та дає в грошовому еквіваленті економію близько 43 тис. грн. [6].

Так, можливо, не використовуючи інерційні оцінки зміни параметрів теплоносіїв у випарнику та конденсаторі теплового насоса та не використовуючи додаткові теплові насоси, коректувати витрату холодагента у випарнику теплового насоса в залежності від температури низькопотенційного джерела енергії з ціллю його повного випаровування та забезпечення надійності компресора; узгоджувати рівень витрати холодагента у випарнику теплового насоса з рівнем потужності компресора щодо економного стиску пари; узгоджувати рівень подачі пари в конденсатор теплового насоса з рівнем подачі пари у випарник теплового насоса при використанні теплової ємності води в повній мірі, що знижує собівартість виробництва теплоти до 50%, термін окупності теплонасосної системи до 60% та надає економію природного газу [7].

Так, наприклад, запропоновано підтримувати функціонування насосного та турбінного режимів ГАЕС на основі співвідношення між споживанням енергії та зарядом і виробництвом енергії та розрядом при використанні теплової акумулюючої ємності води та без вимірювання витрати води через водоводи. Так, наприклад, для оборотної насос-турбіни типу РОНТ 115/851-В-630 зменшення витрат електроенергії при заряді на 30% за рахунок зменшення часу заряду, здобуття додаткового вироблення енергії при розряді на 5% за рахунок збільшення корисного об'єму водосховища дозволяють підвищити ефективність ГАЕС на 10-13% та здобути грошову економію приблизно 200 тис. грн. за 15 найбільш навантажених днів грудня [8].

З використанням оцінки зміни теплової акумулюючої ємності, наприклад, свинцево-кислотного електроаккумулятора можливо приймати рішення на збільшення чи зменшення ємності до зміни напруги, запобігаючи як перезаряду, так і не допустимого розряду в умовах функціонування вітроенергетичної установки [9].

#### Література

1. Мацевитый, Ю.М. Термoeкономический анализ теплонасосной системы теплоснабжения [Текст] / Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин, М.А. Кузнецов // Проблемы машиностроения.- 2010.- №1, т.13.- С.42-51.
2. Чайковська, Є.Є. Інтелектуальне управління функціонуванням енергетичних систем на основі контролю їх працездатності [Текст] / Є.Є. Чайковська // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006.-№3/2(21).- С.48-52.
3. Чайковская, Е.Е. Управление согласованием производства и потребления теплоты на уровне принятия решений [Текст] / Е.Е. Чайковская // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – 2/3(26). – С. 16-20.
4. Чайковская, Е.Е. Функционирование энергетических систем на основе интеллектуального управления тепломассообменными процессами [Текст] / Е.Е. Чайковская // Труды 6-го Минского международного форума по тепломассообмену. – ГНУ "ИТМО им. А.В.Лыкова" НАНБ, 2008. – С. 1-10.
5. Чайковська, Є.Є. Техніко-економічна оцінка енергозберігаючої технології комбінованого тепlopостачання [Текст] / Н.Ф. Іщук // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- 2011.- №4/8(52).- С.45-47.
6. Чайковська, Є.Є. Підтримка функціонування біопаливних установок [Текст] / К.О. Кустов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- 2012.- №2/10(56).- С.41-44.
7. Чайковська, Є.Є. Інтелектуальна система управління теплонасосним енергопостачанням [Текст] / В.В. Стефанюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту.- 2011.- №5.- С. 76-83.
8. Чайковська, Є.Є. Підтримка гідроакмулювання та виробництва енергії на рівні прийняття рішень [Текст] / Є.Є. Чайковська // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. -2010.- №2/7(44).- С.15-21.

9. Чайковська, С.С. Енергозберігаючі технології на рівні прийняття рішень [Текст] / С.С. Чайковська // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія "Нові рішення в сучасних технологіях". – Харків, 2012. – №33. – С.103 - 108.

### Abstract

The famous economic, exergic, thermoeconomic optimization methods do not take into account the changing of heat accumulation capacity of power systems. This complicates the coordination of the production and energy consumption and requires additional equipment. It was suggested to evaluate the changing of heat accumulation capacity on the basis of the information as a measure of reflection ratio of energy production and consumption in a single information space. This makes it possible to predict the change of the parameters of the technological process and not to eliminate the effects of their changes. Methodological and mathematical explanations of expert systems architecture were developed, using coordinated interaction of dynamic subsystem. Dynamic subsystem is the energy system as the base and units that predict the main stages of the technological process. The methodology of the mathematical formulation of the dynamics of power systems was worked out. The change of parameters is presented in both time and space coordinate along the axis of the heat exchanger, which coincides with the direction of flow. The graph of cause-and-effect relations was designed, to control operability and to identify the state of power systems. The thermodynamic basis of admission, as the structure and the principle of intelligent control of heat-mass exchanging processes, was formulated. The examples of the developed technologies and assessment of their effectiveness were represented

**Keywords:** energetic system, heat accumulation capacity, decision-making level

Приведено аналіз теплових процесів в обмотках тягових електричних машин при їх випробуванні на нагрівання. Запропоновано методіку оцінки енергетичної ефективності випробувань на нагрівання

**Ключові слова:** тягова електромашина, випробування, нагрівання, перевищення температури, теплоємність, тепловіддача, енергетична ефективність

Приведен анализ тепловых процессов в обмотках тяговых электрических машин при их испытании на нагревание. Предложена методика оценки энергетической эффективности испытаний на нагревание

**Ключевые слова:** тяговая электромашина, испытания, нагревание, превышение температуры, теплоёмкость, теплоотдача, энергетическая эффективность

УДК 621.313.001.4

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАГРЕВАНИЯ ОБМОТОК ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОМАШИН ПРИ ПРИЁМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

**А.М. Афанасов**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра «Электроподвижной состав железных дорог»  
Днепропетровский национальный университет  
железнодорожного транспорта им. ак. В. Лазаряна  
ул. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, Украина, 49010  
Контактный тел.: (056) 373-15-31  
E-mail: afanasof@gmail.com

## 1. Введение

Снижение расхода электроэнергии на проведение приёмо-сдаточных послеремонтных испытаний тяговых электромашин является одной из актуальных проблем на предприятиях по ремонту тягового подвижного состава. Испытания на нагревание тяговых электромашин на стенде взаимной нагрузки являются наиболее энергоёмкой частью всей программы испытаний. Энергетические затраты на проведение данного вида испытания могут быть снижены как за счёт

повышения энергетической эффективности системы взаимной нагрузки, так и путём оптимизации режима нагружения тяговых электромашин.

## 2. Постановка задачи исследования

В соответствии с ГОСТ 2582-81 [1] тяговые электрические машины испытывают при приёмо-сдаточных испытаниях в течение одного часа при номинальном напряжении и токе, дающем превышение температу-