

УДК 620.9:658.26

Давиденко Ніна Володимирівна, аспірант кафедри електропостачання Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна. Вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018. Тел. +38-032-74-61-19.
E-mail: d.n.v@i.ua

ЗАВДАННЯ ТА ЕТАПИ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

У статті сформульовано принципи побудови системи контролю енергоефективності об'єктів водопостачання та деталізовано основні етапи його проведення як систематичної процедури, що дозволяє в режимі реального часу здійснювати пооб'єктний контроль параметрів технологічного процесу та показників ефективності енергоспоживання об'єктів водопостачання з урахуванням особливостей їх функціонування.

Ключові слова: енергоефективність, моніторинг, контроль ефективності енерговикористання.

Давыденко Нина Владимировна, аспирант кафедры электроснабжения Луцкого национального технического университета, г. Луцк, Украина. ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018. Тел. +38-032-74-61-19.
E-mail: d.n.v@i.ua

ЗАДАЧИ И ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В статье сформулированы принципы построения системы контроля энергоэффективности объектов водоснабжения и детализировано основные этапы его проведения, позволяющей в режиме реального времени осуществлять пообъектный контроль параметров технологического процесса и показателей эффективности энергопотребления объектов водоснабжения с учетом особенностей их функционирования.

Ключевые слова: энергоэффективность, мониторинг, контроль эффективности энергопотребления.

Davydenko Nina Volodymyrivna, postgraduate of the Department of Power Supply Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine. Str. Lvivska, 75, Lutsk, Ukraine, 43018. Tel. +38-032-74-61-19. E-mail: d.n.v@i.ua

TASKS AND STAGES OF CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENCY CONTROL SYSTEM OF MUNICIPAL WATER SUPPLY OBJECTS

The principles of construction of energy efficiency control system of water supply objects have been formulated in the paper. The main stages of its implementation as a systematic procedure have been detailed too. It allows to carry out a control for all objects of technological process parameters and efficiency indicators of power consumption of municipal water supply objects with the peculiarities of their functioning in real-time regime.

Keywords: energy efficiency, monitoring, energy efficiency control of energy use.

Вступ

Однією з умов сталого та пропорційного розвитку держави є вирішення проблем енергоемності виробництва. В умовах скорочення запасів енергоносіїв і зростання їх ринкової вартості, питання підвищення рівня ефективності енергоспоживання належить до стратегічних завдань держав та є пріоритетним завданням окремих організацій і підприємств. Низька ефективність використання енергії у технологічних процесах, перевага енергоемних галузей, зростання енергоспоживання є реальною загрозою економічній, енергетичній, екологічній та національній безпеці України. Це зумовлює необхідність швидкої і найменш затратної реорганізації виробництва шляхом впровадження енергозберігаючого устаткування та технологій з метою зменшення споживання енергоресурсів у всіх секторах економіки.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Україна, ставши членом Енергетичного Співтовариства, зобов'язалась імплементувати низку європейських директив і регламентів, зокрема, у сфері енергоефективності. Директива ІРРС 2008/1/ЕС [1] вимагає ефективного використання енергії при експлуатації будь-яких установок, а енергоефективність є одним з критеріїв, які використовуються для визначення найкращих доступних технологій для будь-якого виробничого процесу. Енергоефективність є «горизонтальною» проблемою, що стосується всіх галузей і технологічних процесів [2]. Досягнення високого рівня енергетичної ефективності вимагає управління на державному та регіональному рівні, на рівні підприємств, окремих технологічних процесів, установок [3].

Основною такого підходу має бути поліпшення проектних рішень, а також менеджменту та контролю виробничих процесів. Підвищення енергоефективності будь-якої складної виробничої системи передбачає поліпшення структури самої системи, підвищення якості та результативності виробничих процесів та ефективності споживання енергоресурсів [4].

Ключовим елементом забезпечення енергоефективності, згідно [2], є підходи, спрямовані на створення відповідної системи менеджменту. Стандарт з енергоменеджменту ISO 50001:2011 [5] на відміну від технічного «точкового» підходу, який базується на інвестиціях в енергозбереження, пропонує управлінський підхід, що спирається на застосування кращої управлінської практики. Забезпечення постійного підвищення рівня енергоефективності потребує удосконалення існуючих та розроблення нових функцій і процедур контролю та їх інтеграцію в систему енергетичного менеджменту. Виходячи з потреби систематичного управління енергоспоживанням існує необхідність здійснювати не періодичний, а оперативний контроль ефективності використання енергоресурсів [3]. При цьому виникає необхідність використання процедур моніторингу енерговикористання, порівняльного аналізу результативності з використанням галузевих, регіональних тощо орієнтирів, а також контролю енергоефективності виробничої системи та її елементів на постійній основі.

Проблемі ефективного енерговикористання в різних сферах присвячено багато публікацій, проте питання організації комплексного контролю енергоефективності в системах комунального водопостачання (СКВ), які б враховували специфіку функціонування системи та її структурних елементів, залишаються розглянутими недостатньо.

Мета статті – створення передумов для підвищення ефективності енерговикористання в системі комунального водопостачання шляхом формування принципів побудови системи комплексного контролю енергоефективності, які б дозволяли врахувати особливості функціонування її об'єктів та виявляти негативні тенденції в режимі реального часу.

Основний матеріал

Енергоефективність – це досягнення економічно виправданого рівня ефективності використання енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки і технології та дотриманні вимог щодо охорони навколишнього середовища. Енергоефективність будь-якої виробничої системи є ознакою, що характеризує здатність об'єкта дослідження ефективно функціонувати в певних умовах та вимагає раціонального енерговикористання. Ефективність енергоспоживання – індикатор стану справ у виробничій системі з точки зору технічного рівня виробництва, провадження технологічних процесів та організації енергоменеджменту. Ключовими принципами забезпечення енергоефективності є [2]:

- впровадження систем енергоменеджменту; системний підхід до забезпечення енергоефективності (облік всіх аспектів і взаємозв'язків між процесами і установками, що функціонують на підприємстві);
- виявлення аспектів забезпечення енергоефективності та можливостей енергозбереження; визначення показників енергоефективності, їх оцінка і вдосконалення; порівняльний аналіз – бенчмаркінг (порівняння з кращими досягнутими результатами);
- послідовне вдосконалення енергоефективності (поетапне досягнення кращих показників);
- розробка та впровадження методів вдосконалення енергоефективності, включаючи моніторинг і контроль.

Система комунального водопостачання складається з великої кількості елементів, що споживають певні енергоресурси для реалізації технологічного процесу, характеризуються певними вихідними умовами, знаходяться на різних ієрархічних рівнях і мають свої особливості функціонування. Це є складна динамічна система із чітко впорядкованою ієрархічною структурою та розгалуженою мережею взаємозв'язків між її елементами. Розвиток точного розуміння існуючого технічного стану та експлуатаційних режимів є першим кроком на шляху розробки і здійснення стратегії ефективного використання енергії водопровідно-каналізаційного господарства. Для усвідомлення потенціалу та виявлення

шляхів підвищення ефективності використання води та електроенергії, впровадження ефективних технічних рішень необхідним є оцінювання рівня енергоефективності вихідного стану об'єктів водопостачання та всієї системи в цілому, ефективності організації технологічного процесу, режимів роботи структурних елементів, а також електроспоживання.

Моніторинг ефективності енерговикористання в будь-якій виробничій системі покликаний забезпечити визначення її стану та ефективності організації технологічного процесу, створити передумови для удосконалення та підвищення якості функціонування системи та її складових. Прив'язка моніторингу до місць використання енергії закладає фундамент системи контролю енергоефективності, який передбачає [2]:

- адекватний контроль технологічних процесів на всіх етапах і у всіх режимах;
- виявлення ключових показників результативності у сфері енергоефективності, а також методів, що дозволяють вимірювати і контролювати ці параметри;
- документування та аналіз позаштатних ситуацій і умов з метою виявлення і подальшого усунення їх глибинних причин для запобігання повторення подібних ситуацій у майбутньому.

Перший етап побудови системи контролю енергоефективності – це формування множини показників енерготехнологічної ефективності та ефективності енергоспоживання об'єкту.

Діяльність складної виробничої системи визначається технологічними процесами, які реалізують її суб'єкти відповідно до цільової спрямованості в рамках предметної області. Кожен суб'єкт предметної області може бути однозначно описаним за допомогою системи показників. Забезпечення підвищення загальної ефективності функціонування складної виробничої системи є можливим за умови забезпечення ефективного енерговикористання в усіх її об'єктах та управління енергоспоживанням. Енергоефективність належить до числа характеристик, які безпосередньо не спостерігаються і не вимірюються. Визначення рівня енергоефективності виробничої системи та її об'єктів можливе на підставі спостереження сукупності ознак, кожна з яких відображає певні аспекти ефективності енергоспоживання як з точки зору ефективності вихідного стану об'єкта, так і ефективності його функціонування.

Для аналізу енергоефективності СКВ необхідно використовувати багаторівневу систему показників, яка б забезпечувала можливість аналізування ефективності енерговикористання на різних ієрархічних рівнях; оцінки параметрів стану та вихідних умов функціонування; закономірностей використання енергії; контролювання енергоспоживання, дотримання оптимальних параметрів технологічного процесу. Перевагу слід надавати системі показників енергоефективності, яка відображатиме технічний стан, рівень енергоспоживання та ефективність організації технологічного процесу як в системі водопостачання в цілому, так і кожного її елемента. Формування сукупності показників енергоефективності об'єктів СКВ потребує врахування ієрархічної приналежності об'єкту дослідження, а також ідентифікації класу задачі дослідження. Слід зазначити, що показники енергоефективності повинні бути доступними для спостереження (тобто повинна існувати можливість простежити процес їх формування на основі вихідних даних) і підтримуватися в актуальному стані.

Для того щоб забезпечити достовірність результатів контролювання енергоефективності показники водо- і електроспоживання повинні також відображати добові та сезонні коливання об'ємів. Контроль показників ефективності енерговикористання дозволить отримати інформацію щодо ефективності роботи системи водопостачання та її об'єктів.

Другий етап побудови системи контролю енергоефективності – розробка і впровадження системи моніторингу показників енергоефективності. Моніторинг та вимірювання є важливою частиною етапу «перевірки» в циклі Демінга «Plan-Do-Check-Act» (Планування-Виконання-Перевірка-Корегування), на якому засновані системи енергоменеджменту [5]. Основним принципом функціонування системи моніторингу

повинна бути безперервність пооб'єктного контролю та урахування отриманої інформації для удосконалення виробничого процесу і планування енергоефективних режимів. Система моніторингу енергоефективності повинна функціонувати не лише як технічна система обліку та контролю енергоспоживання та ресурсовикористання, але й як система, що забезпечує управлінський аспект процесу підвищення ефективності функціонування підприємства [6]. Вимірювання важливим інструментом отримання достовірної та доступної для спостереження інформації як щодо обсягів енергоспоживання, так і технологічних характеристик виробничих процесів. Отже, створення на підприємстві водопровідно-каналізаційного господарства контрольно-вимірювальної системи є важливим етапом побудови дієвої системи комплексного контролю енергоефективності. Головним завданням в цьому процесі є створення мережі первинних і вторинних вимірювальних приладів для вимірювання витрати води та електроенергії. У найкращому варіанті контрольно-вимірювальна система повинна охоплювати всю водогосподарську систему.

Необхідною умовою забезпечення ефективної роботи складної виробничої системи є автоматизація процесу збору даних про параметри режимів роботи кожного з її структурних елементів та виробничої системи в цілому. Сучасні світові тенденції у галузі управління енергоефективністю відповідно стандарту ISO 50001 передбачають широке впровадження автоматизованих систем управління технологічними процесами, обліку енергоресурсів, які є складовою частиною загальної системи моніторингу, а також інформаційних систем енергоменеджменту. Наявність автоматизованих систем управління спрощує збір та обробку інформації по кожному із об'єктів водопостачання. Їх підключення до мережі INTERNET забезпечить зв'язок між контрольними пунктами суб'єктів управління та центральним сервером підприємства, що забезпечить консолідацію даних в єдиній системі. Здійснення комп'ютерного моніторингу витрат енергоресурсів дозволяє розкрити потенціал непродуктивних їх втрат і витрат; контролювати енергоефективність виробничої системи в цілому та кожного з її об'єктів за періодами часу, за видами енергоресурсів тощо.

Третій етап - впровадження процедур контролю ефективності енерговикористання.

Після впровадження системи збору даних група енергетичного менеджменту повинна розробити процедуру використання цих даних для виявлення причин неефективного енерговикористання, шляхів їх усунення та попередження негативних тенденцій.

Контроль ефективності енергоспоживання вимагає постійного аналізу динаміки показників енергоефективності та виявлення тенденцій до погіршення (покращення). Адекватна процедура контролю енергоефективності повинна в першу чергу давати змогу оперативно визначати моменти невідповідного підвищення чи зниження енергоефективності на досліджуваному об'єкті, давати обґрунтовану оцінку, з яких причин відбулись ці зміни [3].

Порівняльний аналіз (бенчмаркінг) енергоефективності є процедурою планомірного вивчення кращих практик ефективності енергоспоживання з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту, порівняння його характеристик енергоефективності з еталонними зразками для впровадження досягнень кращих об'єктів. Бенчмаркінг енергоефективності дозволяє швидко виявити проблемні ситуації у функціонуванні виробничої системи або її структурних елементів та сприяє виявленню прогалини в ефективності у порівнянні з іншими [7].

Таким чином система контролю енергоефективності об'єктів СКВ повинна містити [6]:

1) підсистему оперативного контролю енергоефективності, яка забезпечує:

– поточний контроль динаміки водоподачі як чинника, що визначає побудову режиму ефективного електроспоживання;

– поточний контроль динаміки показників енергоефективності з позицій їх відповідності певним діапазнам за рівнем енергоефективності;

– контроль дотримання «стандарту» енергоспоживання;

2) підсистему бенчмаркінгу енергоефективності, яка містить процедури:

– порівняння динаміки показників енергоефективності з аналогічними показниками кращих об'єктів з групи однотипних;

– порівняльного аналізу відповідності дійсного режиму електроспоживання «стандарту» кращих об'єктів з групи однотипних.

Окрема увага повинна бути приділена процедурі ідентифікації «тривоги». Для цього необхідним є використання відповідних інструментів сигналізації. Їх вибір, групування, налаштування та встановлення пріоритетів визначається типом об'єкту, типом та характером контрольованих параметрів, а також постановкою задачі контролю.

Четвертий етап – документування отриманих результатів контролю енергоефективності. Даний етап передбачає фіксування результатів контролю, видачу попереджень про перевищення сформованих «стандартів», їх документування та формування звітів.

Завершальним етапом в системі комплексного контролю має бути передача інформації в системи управління технологічними процесами для здійснення управлінських впливів та корегування параметрів технологічного процесу, а також в систему енергоменеджменту для аналізу отриманих результатів, вироблення рекомендацій щодо підвищення ефективності енерговикористання та прийняття рішень щодо першочерговості їх впровадження.

Висновки

Запропоновані принципи реалізації системи комплексного контролю ефективності енергоспоживання забезпечуватимуть пооб'єктний контроль показників енергоефективності та параметрів технологічного процесу об'єктів водопостачання з урахуванням особливостей їх функціонування та сприятимуть інтеграції процедур контролю в систему енергетичного менеджменту підприємства. Це дозволить в режимі реального часу виконувати обробку інформації про параметри режимів та показники енергоефективності структурних елементів та системи водопостачання в цілому, відслідковувати часову еволюцію явищ, оцінювати взаємну залежність контрольованих величин тощо, а також здійснювати аналіз результатів контролю та передачу даних в системи управління для прийняття рішень щодо оптимального використання наявних можливостей підвищення енергоефективності.

Список використаної літератури:

1. Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of The Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (Codified version) // Official Journal of the European Union. – № L 24/9.
2. European Commission (2009) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency // Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2008. – 430 p. Режим доступа: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>
3. Находов В. Ф. Моніторинг показників енергоспоживання в системі енергетичного менеджменту / В. Ф. Находов, О. О. Пецкова, Д. О. Іванько // Енергетика. Екологія. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ. – Київ: НТУУ «КПІ», ІЕЕ, 2015. – 480 с. – С. 210–217.
4. Ковалко О. М Вступ до теорії енергоефективності багаторівневих систем: методи та моделі енергетичного менеджменту в системі житлово-комунального господарства / О. М. Ковалко, О. В. Новосельцев, Т. О. Євтухова. – К.: НАН України, Інститут технічної теплофізики, 2014. – 252 с
5. Иншеков Е. Н. Стандарт ИСО 50001 «Системы энергетического менеджмента» от истории создания к промышленному внедрению / Е. Н. Иншеков // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит. – 2013. – № 10 (116). – С. 53–55.
6. Давиденко Л. В. Принципи побудови інтегрованої системи моніторингу енергоефективності для підприємства водопровідно-каналізаційного господарства // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – № 3. – С. 107–115.
7. Розен В. П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України / В. П. Розен, Б. Л. Тишевич, П. В. Розен // Энергосбережение · Энергетика · Энергоаудит. – 2012. – № 06 (100). – С. 9–19.

References:

1. Directive 2008/1/EC of the European Parliament and of The Council of 15 January 2008 concerning integrated pollution prevention and control (Codified version) // Official Journal of the European Union. – № L 24/9.
2. European Commission (2009) Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency // Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2008. – 430 p. Available at: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html> [Accessed: January 2016]
3. V. Nakhodov, A. Pietskova, L Ivanko (2015) The monitoring indicators of energy consumption in the Energy Management System [Monitoryng pokaznykiv enerhospozhyvannia v systemi enerhetychnoho menedzhmenty], Energy. Ecology. Man. Scientific papers of NTU "KPI", IEE, P. 210–217.

4. O. Kovalko, O. Novoseltcev, T. Yevtukhova (2014) Accession to the energy efficiency theory of multi-systems: energy management system methods and models of housing and communal services [Vstup to teorii enerhoefektyvnosti bahatorivnevyh system: metody ta modeli enerhetychnoho manadzhtentu v systemi zhytlovo-comunalnoho hospodarstva], NAS of Ukraine, Institute of Engineering Thermophysics, Kiev, Ukraine.

5. Ye. Inshekov (2013) ISO 50001 "Energy Management System" from the history of the industrial implementation [Standart ISO 50001 " Sistemy Enerheticheskogo Manadzhtenta" ot istorii sozhdania k promyshlennomu vnedrenisu], *Energy saving. Power engineering. Energy audit.*, no. 10 (116), P. 53–55.

6. L. Davydenko (2015), Principles of building integrated monitoring system of energy efficiency for water supply and sanitation enterprise [Pryntsypy pobudovy intehrovanoi systemy monitorynhu enerhoefektyvnosti dlia pidpriemstva vodoprovodno-kanalizatsiinoho hospodarstva] *Power engineering: economics, technique, ecology*, No 3, P. 107–115.

7. V. Rosen, B. Tyshevych, P. Rosen (2012), Methodology of benchmarking of energy efficiency for the industry of Ukraine [Metodologiya benchmarkingu energoefektyvnosti dlia promyslovosti Ukrainy], *Energy saving. Power engineering. Energy audit.*, No. 6, P. 9–19.

Поступила в редакцию 03.01 2015 г.