

УДК 621.311.001.57(063)

О. О. Закладний, О. М. Закладний, кандидати техн. наук,
В. М. Чермалих, д-р техн. наук

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

***Анотація.** Засоби діагностики енергоефективності, які забезпечують контроль рівня енергетичної ефективності споживачів шляхом моніторингу енергетичних індикаторів, є необхідним елементом сучасної системи енергетичного менеджменту. Такі засоби, розроблені відповідно до принципів сучасних smart-технологій, дозволяють реалізувати на підприємстві систему енергоменеджменту відповідно до стандарту ISO 50001:2011.*

***Ключові слова:** система енергетичного менеджменту, рівень енергетичної ефективності, енергоаналіз, електромеханічна система, енергозбереження*

**O. Zakladnyi, PhD., A. Zakladnyi, PhD.,
V. Chermalykh, ScD.**

METHODS AND MEANS OF DIAGNOSIS OF ENERGY ELECTROMECHANICAL SYSTEMS TO CREATE A SYSTEM OF ENERGY MANAGEMENT

***Abstract.** Diagnostic efficiency, providing control of energy efficiency energy consumers by monitoring indicators is an essential element of modern energy management system. These remedies are designed according to the principles of modern smart-technologies, the company will implement energy management system according to the standard ISO 50001:2011.*

***Keywords:** energy management system, the level of energy efficiency energy analysis, electromechanical system energy conservation*

О. А. Закладной, А. Н. Закладной, кандидаты техн. наук,
В. М. Чермалых, д-р техн. наук

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА

***Аннотация.** Средства диагностики энергоэффективности, обеспечивающие контроль уровня энергетической эффективности потребителей путем мониторинга энергетических индикаторов, являются необходимым элементом современной системы энергетического менеджмента. Такие средства, разработанные в соответствии с принципами современных smart-технологий, позволяют реализовать на предприятии систему энергоменеджмента в соответствии со стандартом ISO 50001:2011.*

***Ключевые слова:** система энергетического менеджмента, уровень энергетической эффективности, энергоанализ, электромеханическая система, энергосбережение*

У 2011 році запроваджено міжнародний стандарт ISO 50001 “Energy management systems – Requirements with guidance for use”, який встановлює вимоги до розроблення, впровадження, підтримання та покращення системи енергетичного менеджменту для досягнення постійного поліпшення ситуації у галузі енергозбереження [1].

Використання засобів діагностики енергоефективності дозволить впровадити сучасні інформаційні smart-технології у систему енергетичного менеджменту підприємства та автоматизувати виконання таких складових стандарту ISO 50001:2011, як встановлення енергетичної базової лінії, індикаторів енергоефективності, здійснення моніторингу та необхідних вимірювань для визначення рівня енергоефективності, проведення енергоаналізу, енергопланування та формування технічних звітів тощо [2, 3, 4, 5, 6].

© Закладний О.О., Закладний О.М.,
Чермалих В.М., 2014

Найбільший вплив на раціональне використання електроенергії підприємством спричиняє енергоефективність електромеханічної системи (ЕМС) як основного споживача. У проектуванні технологічного процесу, під час вибору ЕМС зазвичай не приділяється уваги її енергоефективності протягом усього строку служби. Але повинна розглядатися не просто енергоефективність на даний момент – слід здійснювати оцінювання економічності за весь строк служби [6]. Енергоефективність ЕМС на сьогодні оцінюється аперіодично, наприклад, під час проведення енергетичного аудиту. Тому актуальним завданням є безперервний постійний контроль споживання електроенергії ЕМС шляхом діагностики її енергоефективності як складова системи енергетичного менеджменту на підприємстві, відповідно до вимог ISO 50001:2011 [2, 3].

Дотепер в енергетичному менеджменті деталізоване управління раціональним використанням енер-

гії не поширювалося на конкретного технологічного споживача, його режими роботи.

Останнім часом енергетичний менеджмент набув нових рис, а саме, – він став поширюватися на кінцевого споживача. Це є новим стандартом у методології енергетичного менеджменту – запроваджується високий ступінь деталізації, контроль енергетичної ефективності ЕМС і, відповідно, – оперативне реагування на погіршення енергоефективності. Ці зміни пов'язані з постійним здорожчанням електричної енергії, коли основна складова вартості життєвого циклу ЕМС – витрати на електричну енергію – становлять в середньому 85 % від усіх витрат за термін експлуатації [3, 7].

В результаті багатьох чинників, зокрема таких, як робота ЕМС з недовантаженням, неякісна мережа живлення, недостатнє технічне обслуговування, нерациональне керування технологічним процесом, впливу випадкових факторів – реальне споживання енергії завжди відрізняється від ідеального [8, 9, 10]. Контроль та оцінка вказаних розходжень між розрахунковим (планованим) та фактичним споживанням енергії і є головним завданням діагностики енергоефективності ЕМС. Сам собою контроль не економить енергію, але з його допомогою енергетичний менеджер може визначити, де і коли слід вжити корисних дій для усунення неефективного її використання. Такий підхід дозволяє оцінювати стан ЕМС на всіх етапах її життєвого циклу – від введення в експлуатацію до списання.

Основним показником ефективності роботи в енергетичному аспекті вважається ККД системи в цілому. Однак для комплексної оцінки енергоефективності важливі також коефіцієнт потужності, електроенергія, яка споживається протягом життєвого циклу, і значення складових втрат.

Процес ефективного використання енергії ЕМС визначається двома основними складниками: енергоспоживання та енерговикористання (перетворення) спожитої енергії, що відповідає концептуальному представленню терміну «рівень енергоефективності» у стандарті ISO 50001:2011.

Авторами запропоновано використовувати показники енергоефективності – ККД та коефіцієнт потужності для визначення енергетичного і технічного стану ЕМС з урахуванням режиму навантаження та якості напруги живлення. Визначення стану ЕМС здійснюється порівнянням фактичних параметрів з їх еталонними значеннями, тобто, шляхом аналізування та порівняння індикаторів енерго-ефективності з енергетичною базовою лінією[4]. Відповідно до ISO 50001:2011 вказана процедура є складовою енергоаналізу – визначення рівня енерго-ефективності на основі вимірюваних даних та довідкової (паспортної) інформації, що дозволить визначити можливості його підвищення. Алгоритм діагностики енергоефективності повністю відповідає процедурі енергоаналізу, яка записана у стандарті ISO 50001:2001. Результати моделювання показують, що застосування діагностики енергоефективності ЕМС як інструменту системи енергоменеджменту дозволить знизити споживання активної енергії на 10%, реактивної - на 30 %, підви-

щити в 1,5 рази залишковий ресурс до паспортного його значення, ККД – на 8 %, коефіцієнт потужності – на 9 %, знизити втрати на 33 % [2, 3].

Висновки. Методи та засоби діагностики енергоефективності дозволяють впровадити сучасні інформаційні smart-технології у систему енергетичного менеджменту підприємства та автоматизувати виконання таких складових стандарту ISO 50001:2011, як встановлення енергетичної базової лінії, індикаторів енергоефективності, здійснення моніторингу та необхідних вимірювань для визначення рівня енергоефективності, проведення енергоаналізу, енергопланування та формування технічних звітів тощо.

Список використаної літератури

1. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению : ГОСТ Р ИСО 50001:2011. – М. : Стандартинформ, 2012. – 60 с.
2. Закладний О. О. Методика функціонального діагностування енергоефективності асинхронного електропривода / О. О. Закладний. – Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2013. – № 1. – С. 77 – 82.
3. Закладний О. О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем: Монографія / О. О. Закладний. – К. : Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.
4. Праховник А. В. Діагностування енергоефективності електромеханічних систем як інструмент енергоменеджменту / А. В. Праховник, О. М. Закладний, О.О. Закладний // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво»: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 21. С. 121 – 128.
5. Закладний О. О. Енергетична модель формування і збереження еталонів для систем функціонального моніторингу асинхронного електропривода / О. О. Закладний, О. М. Закладний, І. В. Притискач // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія «Гірництво»: Збірник наукових праць. – К. : НТУУ «КПІ»: ЗАТ «Техновибух». – 2011. – Вип. 20. – С. 159 – 166.
6. Праховник А. В. Контроль та аналіз в реальному часі режимів енерговикористання промислових електроприводів / А. В. Праховник, О. М. Закладний, О. О. Закладний // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». Дніпродзержинськ : – 2007. – С. 151 – 155.
7. Закладний О. О. Програмне забезпечення функціонального діагностування енергоефективності електромеханічних систем з асинхронними двигунами / О. Закладний, О. М. Закладний // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2011. – № 2. – С. 102 – 108.
8. Шидловский А. К. Повышение качества энергии в электрических сетях / А. К. Шидловский, В. Г. Кузнецов. – К. : Наук. думка, 1985. – 268 с.

9. Сыромятников И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И. А. Сыромятников. – [4-е изд.]. – М. : Энергоатомиздат, 1984. –240 с.

10. Соркин М. А. Асинхронные электродвигатели 0,4 кВ. Аварийные режимы работы [Электронный ресурс] / М. А. Соркин // Новости электротехники. – 2005. – № 2(32). Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/12.php>. – Дата доступа (2005).

Отримано 08.07.2014

References

1. Sistemyi energeticheskogo menedzhmenta. Trebovaniya i rukovodstvo po primeneniyu [Energy Management Systems – Requirements with Guidance for use]: (2012), GOST R ISO 50001:2011, Moscow, Russian Federation, *Standartinform*, 60 p. [In Russian].

2. Zakladnyi O.O. Metodyka funktsionalnoho diahnostuvannia enerhoefektyvnosti asynkronnoho elektropryvoda [Method of Functional Diagnostics of Energy Efficiency of Asynchronous Electric Drive], (2013), *Enerhetyka: Ekonomika, Tekhnolohiyi, Ekolohiya*, Kyiv, Ukraine, Vol 1(32), pp. 77 – 82 (In Ukrainian).

3. Zakladnyi O.O. Funktsionalne diahnostuvannia enerhoefektyvnosti elektromekhanichnykh system: Monohrafiia [Functional Diagnostics Efficiency Electromechanical Systems Monograph], (2013), *Vydavnytstvo "Libra"*, Kiev, Ukraine, 195 p. (In Ukrainian).

4. Prakhovnyk A.V., Zakladnyi O.M., and Zakladnyi O.O. Diahnostuvannia enerhoefektyvnosti elektromekhanichnykh system yak instrument enerhomenedzhmentu [Diagnosing the Efficiency of Electromechanical Systems as a Tool for Energy Management], (2011), *Visnyk Natsional' Pohotekhnichnoho Universytetu Ukrainy "Kyivs'kyi Politekhnichnyy Instytut". Seriya "Hirnyctvo": Zbirnyk Naukovykh Prats*, Kiev, Ukraine, Vol. 21, pp. 121 – 128 (In Ukrainian).

5. Zakladnyi O.O., Zakladnyi O.M., and Prytyskach I.V. Enerhetychna model formuvannia i zberezhenia etaloniv dlia system funktsionalnoho monitorynhu asynkronnoho elektropryvoda [Model of Energy and Conservation Standards for Functional Monitoring of Asynchronous Electric], (2011), *Visnyk Natsional'noho Tekhnichnoho Universytetu Ukrainy Kyivs'kyi Politekhnichnyy Instytut". Seriya "Hirnyctvo": Zbirnyk Naukovykh Prats*, Kiev, Ukraine, Vol. 20, pp. 159 – 166 (In Ukrainian).

6. Prakhovnyk A.V., Zakladnyi O.M., and Zakladnyi O.O. Kontrol ta analiz v realnomu chasi rezhymiv enerhovykorystannia promyslovykh elektropryvodiv [Monitoring and Analysis of Real-Time Mode Electric Energy Industry], (2007), *Zbirnyk Naukovykh Prats Dniprodzerzhynskoho Derzhavnoho Tekhnichnoho Universytetu "Problemy Avtomatyzovanoho Elektropryvoda. Teoriia i Praktyka"*, Dniprodzerzhynsk, Ukraine, pp 151 – 155 (In Ukrainian).

7. Zakladnyi O.O. Prohramne zabezpechennia funktsionalnoho diahnostuvannia enerhoefektyvnosti elektromekhanichnykh system z asynkronnymy dvyhunami [Software Functional Diagnosis of Electromechani-

cal Energy Systems with Induction motors], 2011, *Enerhetyka: Ekonomika, Tekhnolohiyi, Ekolohiya*, Kiev, Ukraine, Vol. 2 (33), pp. 102 – 108 (In Ukrainian).

8. Shydlovskiy A.K., and Kuznetsov V.H. Povyshenie kachestva jenerгии v jelektricheskikh setjah [Improving the Quality of Energy in Electric Networks], (1985), Kiev, Ukraine, *Naukova Dumka*, 268 p. [In Russian].

9. Syromyatnykov Y.A. Rezhimy raboty asinchronnyh i sinhronnyh dvigatelej [Modes of Asynchronous and Synchronous Motors], (1984), Moscow, Russian Federation, *Enerhoatomyzdat*, 240 p. [In Russian].

10. Sorkynd M.A. Asinchronnye jelektrodvigatelei 0,4 kV. Avariynye rezhimy raboty [Induction Motors 0,4 kV. Emergency Operations], (2005), *Novosti Elektrotekhniky*, St. Petersburg, Russian Federation, Vol. 2(32) [In Russian] url:<http://www.news.elteh.ru/arh/2005/32/12.php>.



Закладний

Олег Олександрович, канд. техн. наук, доц. каф. електропостачання, автоматизації управління електротехнічними комплексами, Нац. технічного ун-ту України «Київський політехнічний інститут», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, т. 096-984-87-83.

E-mail: zakladniy@gmail.com



Закладний

Олександр Миколайович, канд. техн. наук, доц. каф. автоматизації управління електротехнічними комплексами Нац. технічного ун-ту України «Київський політехнічний інститут», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, т. 044-454-96-89; 050-672-98-02.

E-mail: zak@iee.kpi.ua



Чермалих

Валентин Михайлович, д-р техн. наук, проф. каф. автоматизації управління електротехнічними комплексами Нац. технічного ун-ту України «Київський політехнічний ін-т», Інститут енергозбереження та енергоменеджменту