Подобряване на системите за енергиен мениджмънт с използване на индустриален интернет на нещата

П. Кесова, И. Бачкова

Improving the Energy Management Systems Using Industrial Internet of Things

P. Kesova, I. Bachkova

Key Words: *Energy management systems; Internet of Things; optimization; ISO 50001; metallurgy plant.*

Abstract. *Energy management systems (EMS) are complete solutions for optimization of energy consumption and energy processes in enterprises. They encompass specialized hardware and software components and services directed towards monitoring, measurement and management of energy consumption. The advanced Industrial Internet of Things (IIoT) paradigm may be successfully used to improve the functionality and quality of EMS ensuring reliable data collection and sharing, ubiquitous computing, and computing clouds using powerful resources to solve a variety of decision-making and scheduling tasks that abound in the system. The basic requirements for advanced energy management systems based on the ISO 50001 standard are analyzed. The architecture and functionality of currently used energy management system for non-ferrous metallurgy plants are presented and the weaknesses of this system are analyzed. An improved framework of the energy management system based on the concept and technologies of the Industrial Internet of Things is proposed and discussed.*

1. Увод

Според Директива на Европейската комисия (ЕК) страните членки на Европейския съюз се задължават да намалят годишното си потребление на енергия с 9% [1]. Важна стъпка в тази посока е повишаването на енергийната ефективност чрез анализиране и оптимизиране на енергийното потребление, чрез разработване, внедряване и използване на съвременни системи за енергиен мениджмънт (СЕМ) на базата на стандарта ISO 50001:2011 [2]. СЕМ са цялостни решения за оптимизация на енергийната консумация и енергоемките процеси в предприятията. Те обхващат специализирани хардуерни и софтуерни компоненти и услуги, насочени към мониторинг, измерване и управление на енергопотреблението. Съвременните комплексни платформи за енергиен мениджмънт обикновено разполагат с инструменти за събиране, архивиране и анализ на данни за консумацията на енергийните потребители в производствените мрежи. Въз основа на събраната информация могат да инициират различни по мащаб мероприятия за повишаване на енергийната ефективност, намаляване на оперативните разходи и увеличаване на екологичната пригодност на производствените процеси. Тези мероприятия се подпомагат значително от използването на възможностите, които предоставя индустриалния интернет на нещата (IIoT).

IIoT е индустриалното приложение на парадигмата интернет на нещата (IoT) и се използва главно в контекста на инициативата Industry 4.0, фокусирана върху автоматизацията, иновациите, данните, кибер-физическите системи, процесите и хората. Европейският изследователски клъстер по интернет на нещата (IoT) дава следната дефиниция на IoT: "Динамична глобална мрежова инфраструктура с възможности за самоконфигуриране, базирана на стандартни и оперативно съвместими комуникационни протоколи, където физическите и виртуалните "неща" имат идентичност, физически атрибути и виртуална персонализация, като използват интелигентни интерфейси и са безпроблемно интегрирани в информационна мрежа“ [3]. Възприемането на IIoT технологиите в областта на СЕМ е в своята начална фаза в сравнение с тяхното приложение в областта на дискретните производствени системи [4]

Цел на статията е да анализира съвременното състояние на системите за енергиен мениджмънт и да предложи нова архитектура и функционалности, базирани на тенденциите и предизвикателствата, заложени в индустриалния интернет на нещата.

В следващия раздел на доклада е представен кратък анализ на основните изисквания към системите за енергиен мениджмънт, използвани в цветната металургия, по отношение на тяхната структура и функционалност и съгласно стандарта ISO 50001. В раздел 3 е направен анализ на функционираща система за енергиен мениджмънт в предприятие от цветната металургия по отношение на архитектура и функционалност с изводи относно основните недостатъци на СЕМ. В последния раздел е предложена основна рамка за преструктуриране на СЕМ с оглед на използване на архитектура, инфраструктура и технологии на IIoT.

2. Основни изисквания към системите за енергиен мениджмънт

Енергийният мениджмънт е изпреварващо, организирано и систематично координиране на поръчката на енергия, нейното преобразуване, разпределение и използване

за покриване на потребностите с отчитане на екологичните и икономическите цели [2]. Енергийният мениджмънт означава структурирано и непрекъснато следене на потреблението на енергия и разходите за енергия с цел подобряване на енергийната ефективност и намаляване на разходите за енергия [5]. Ето защо той трябва да бъде напълно вграден в бизнеса на предприятието и да представлява неразделна част от неговата ежедневна работа и управление.

През 2009 г. в областта на СЕМ е въведен европейският стандарт БДС EN 16001:2009, който през 2011 г. е заменен от международния стандарт за такъв тип системи ISO 50001:2011 „Системи за управление на енергията. Изисквания с указания за прилагане“. Стандартът предлага системна методология за внедряване на специални системи за енергиен мениджмънт в различни по размер организации, включително малки и средни предприятия (МСП), като допринася за по-ефикасното използване на наличните енергийни източници в тях, дефинира минималните изисквания за внедряване на СЕМ и е от управленски тип, което означава, че СЕМ може да бъде интегрирана с управленската система на предприятието, включително със системите за управление на качеството (разработени съгласно изискванията на стандарта ISO 9001 [6]), за безопасни условия на труд (OHSAS 18001 [7]) и управление на околната среда (ISO 14001 [8]), където такива са разработени. Стандартът ISO 50001 е достатъчно гъвкав и може да се внедри дори и в малки фирми, които не разполагат със сертифицирани системи за управление, но имат желанието и амбицията да прилагат системен подход за управление на енергията.

Разработването и внедряването на СЕМ може да се раздели условно на четири основни етапа и един подготвителен, всеки от които има за цел изпълнението на отделни дейности, следващи стандарта БДС EN ISO 50001. Основа на стандарта е цикълът на Деминг за непрекъснато подобряване, включващ процесите „Планиране – изпълнение – проверка – действие“ (*фиг. 1*).

Фиг. 1. Цикъл на Деминг за подобряване на енергийните характеристики и СЕМ

Имплементацията на цикъла в СЕМ означава да бъдат удовлетворени следните изисквания:

- Да се дефинират нейните енергийни потоци.
- Да се идентифицират факторите, които влияят върху консумацията на електрическа енергия.
- На базата на оценки да се формулират предстоящи задачи и мерки.
- Систематично да се следи за тяхното изпълнение, както и непрекъснатото получаване на информация за дефиниране на нови задачи и мерки.

Към фазата „Планиране“ се предявяват следните изисквания:

- Установяване на енергоспестяващи цели, като се вземат предвид всички фактори, които влияят значително на консумацията на енергия.
- Определяне на стратегията.
- Подготовка на план за действие.
- Идентифициране на мерки и отговорности.
- Осигуряване на необходимите ресурси.

Фазата „Изпълнение“ включва удовлетворяване на следните изисквания:

- Създаване и поддръжка на структурите на системата за мениджмънт за целите на мониторинга.
- Поддръжка на процеса на непрекъснато усъвършенстване.

Основните изисквания във **фазата „Проверка“** са:

- Преглед на нивото на постигнатите цели и ефективност на СЕМ.
- Събиране на нови идеи чрез енергийни одити.
- Консултации с външни експерти (ако е необходимо).

В последната фаза „Действие“ се открояват следните изисквания:

- Обобщаване на актуалните данни за енергията.
- Обобщаване на резултатите от одита.
- Анализ на последните научни постижения (нови методи, системи и оборудване).
- Оценява се състоянието и напредъка.
- Адаптира се енергийната стратегия (политики и ръководни принципи).
- Извличат се и се дефинират нови цели.

Съгласно фазите на цикъла на Деминг и свързаните с тях дейности, залегнали в стандарта ISO 50001, разработването, внедряването и функционирането на ефективна СЕМ включва 18 последователни стъпки в съответствие с практическите изисквания (*фиг. 2*).

Фиг. 2. Основни стъпки при внедряване на ISO 50001

В допълнение на направлението за стандартизация на СЕМ като управленски стандарт трябва да се добави и

развитието на софтуерни и хардуерни приложения в помощ на енергийните мениджъри. В световен мащаб се разработват комплексни платформи за мониторинг, анализ, идентифициране на мерки с цел повишаване на енергийната ефективност в предприятията, които се наричат системи за енергиен мениджмънт. Тези системи обхващат енергийните потоци в дадена промишлена система, като предлагат общи или специализирани решения, следят ключови индикатори и могат да имат допълнителни функции в зависимост от целите на системата и секторните специфики.

Целта на СЕМ се свежда до намаляване на енергийните разходи и въздействието върху околната среда чрез постоянно и системно управление на енергията. Ползите за предприятието са финансови и са свързани с намаляване на разходите и повишаване на конкурентоспособността на продукцията или услугите. Към това следва да се прибавят подобрена организация на процесите и имидж, екологични ползи, енергийна сигурност и управление на риска по отношение на енергийните доставки и други.

Основание за внедряването на СЕМ може да бъде и изискване на клиенти, участие в тръжни процедури, участие в схеми за прилагане на доброволни мерки за енергийна ефективност за определени сектори, задължение за отчитане на ефекта от внедряване на проекти за енергийна ефективност и осигуряване на устойчивост на резултатите и други. Въпреки че системата сама по себе си изисква човешки и финансови ресурси, все повече предприятия в света я внедряват поради организационните и финансовите ползи и осъзнатата необходимост от добро управление на енергията.

3.Анализ на съществуващата система за енергиен мениджмънт

3.1. Архитектура на СЕМ

За подобряване на използването на енергия в дружеството е въведена система за управление на енергията (система за енергиен мениджмънт), която през 2015 г. беше сертифицирана в съответствие с международния стандарт ISO 50001.

Проектираната и изградена система за енергиен мениджмънт включва седемдесет и пет мултифункционални мрежови анализатора, шест програмируеми логически контролера, два информационни панела, софтуер за визуализация Simatic WinCC Professional Runtime V14 с възможност за визуализация на 65 536 величини и архивиране на 5000 от тях, софтуер за достъп Simatic WebNavigator, позволяващ едновременна работа на до три клиенти със софтуера за визуализация, централен сървър, използван за визуализация на данни от анализаторите и запис на тези данни, както и софтуер за отчети.

3.2. Функционалност на системата

Системата позволява наблюдение в реално време и показване на история под формата на графики на следните величини:

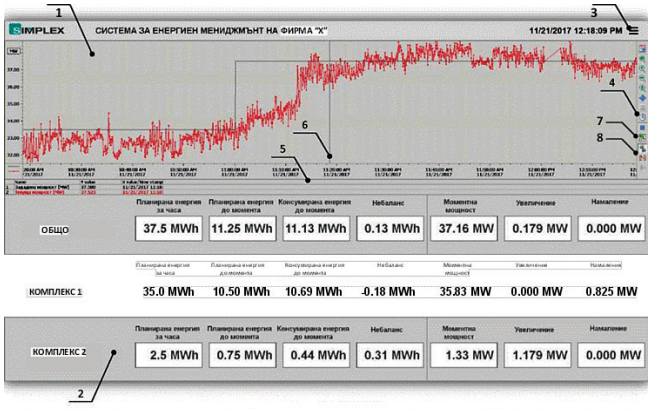
- Активна мощност.
- Реактивна мощност.
- Пълна мощност.
- Токове.
- Напрежения.
- Честота.
- Фактор на мощността.
- Хармонично изкривяване на тока.
- Хармонично изкривяване на напрежението.

Софтуерът за отчети позволява съставяне на отчети за използваната енергия за зададен произволен период за всеки консуматор, включен в системата. При възникнал проблем в комуникацията между централния сървър и програмируемите логически контролери софтуерът позволява възстановяване на загубени данни (данни за използваната енергия) за период от четири дни. След отстраняване на проблема системата записва автоматично съхранените данни.

Основното меню на системата (*фиг. 3*) се състои от три части:

- Визуализация на зададената в товаровия график мощност и текущата мощност на предприятието (*фиг. 3-1*). Периодът на проследяване се задава чрез избор на (4) от *фиг. 3*, а стойностите в определен момент, позициониран от (6), се показват в част (5), както е показано на *фиг. 3*. Така че от графиката операторът може да получи информация за това как се е движела консумацията на предприятието за зададен период.
- Баланси на предприятието за двата основни комплекса – обогатителен и рудодобивен (*фиг. 3-2*).
- Навигационно меню, чрез което се достъпват всички останали екрани от системата (*фиг. 3-3*).

Системата позволява експорт на всяка графика в csv формат, което улеснява обработката на данните от друг специализиран софтуер. За целта се натиска бутон (7) от *фиг. 3*, избира се име от появилия се екран и път до желаната папка за съхранение.



Фиг. 3. Основно меню на СЕМ

За базова обработка на данните софтуерът дава информация за минималната и максималната стойност на данни за избрания период. Също така може да се извърши и статистическа обработка на данните от графиката (*фиг. 3-8*), включваща следните изчисления:

- Минимална стойност.
- Максимална стойност.
- Средна стойност.
- Стандартно отклонение.
- Продължителност.
- Брой на измерванията.

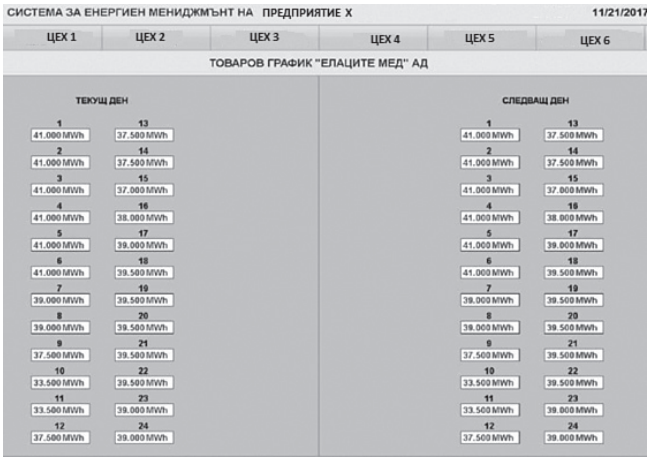
Аналогично на информацията за баланса на предприятието от основното меню се представят и балансите на отделните производства, като се визуализират планираната енергия за часа, планираната енергия до текущата минута от часа, консумираната енергия до текущата минута от часа, разликата между планираната и консумираната енергия до текущата минута (небаланс), моментната мощност и препорька за увеличение или намаление на мощността за спазване на планираната енергия за часа.

Друга важна функционалност на СЕМ е оперативното следене на енергийни и технологични параметри посредством система от екрани, барграфи, трендове, звукова и светлинна сигнализация, което включва подробна информация от електромерите на входа на предприятието, както и на тези, разположени в производствената част, както и товаровите графици на отделните подразделения за текущия и следващ ден (*фиг. 4*).

Основните недостатъци на прилаганата в момента СЕМ могат да бъдат обобщени накратко, както следва:

- СЕМ не използва натрупаната информация за решаване на задачи за оптимално планиране, прогнозиране и поддръжка.
- Процесите на планиране и определяне на товарови графици са полуавтоматизирани, което води до неточност, субективност, закъснения и проблеми в управлението на балансиращите товари.
- Липсват методика и средства за изчисляване на ключовите енергийни показатели за ефективност съгласно ISO 50006 [9].
- Интеграция на СЕМ със системите за планиране на ремонтните дейности, както и повишаване на степента на интеграция с цеховите информационни системи.

Всички тези проблеми могат да бъдат решени в значително кратки срокове на базата на използване на архитектурата, технологиите и средствата на IIoT.



Фиг. 4. Екран „Товарови графици“

4. Подобряване на системата за енергиен мениджмънт с използване на IIoT

Основните предложения, свързани с подобряване на ефективността на СЕМ, са в посока на усъвършенстване на архитектурата и инфраструктурата на системата, осигуряване на разнообразни възможности за комуникации, както и такива за интеграция и оперативна съвместимост на различни нива на детайлност на системата и гарантиране на сигурността и безопасността на системата, както е илюстрирано в рамката на СЕМ, показана на фиг. 5. Архитектурата на IoT е скелет, който трябва да има проектът. Предложеният проект включва четири нива: сензори и изпълнителни механизми, устройства, мрежа, сервиз и приложение. Интернет на нещата като технология се състои от четири основни компонента, върху които е оформена архитектурата – сензори, устройства, браузери на данни и облак. Седем са ключовите категории в инфраструктурата на интернет на нещата: сигурност и поверителност, анализ и управление на данни, интегриране на данни (споделяне на данни в огромен брой устройства), управление (нови правила и процеси), пренос на данни (честотна лента, транспортиране на данни между устройства и изчислителни машини), изчисление на данни в близост до данните, мощност (захранване на огромен брой устройства). Съществува богат избор на възможности за комуникации и свързване на приложения, работещи в средата на интернет на нещата (IoT). Много от комуникационните технологии са добре познати като Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee и други, но има и редица нововъзникващи мрежови възможности като Thread, NFC, sigfox, neul и други. Подходите, използвани по отношение на сигурността и безопасността, дават възможност да се засилят превантивните мерки, свързани с интернет, чрез: предпазни мерки за защита на устройствата, вътрешно управление и управление на риска, съхранение и управление на данни, както и различни механизми за оценка и изисквания към застраховането, гаранции и индикатори във фазата на имплементация на протокола.

5. Заключение

Основните предимства от използването на представената нова рамка и технологии, базирани на IIoT, са свързани с фиксиране и редуциране на източниците на енергийни загуби, подобряване на подхода за детайлно планиране на енергийните разходи и намаляване на тяхната цена посредством намаляване на санкциите за нарушаване на максималните нива на потребление и разходите за закупуване на енергия. Изключително значима е ползата от въвеждане на IIoT и е свързана с повишаване на ефективността на поддръжката посредством въвеждането на поддръжка, базирана на оценяване на условията, повишаване на енергийната ефективност на поддръжката, както и точността и надеждността на оборудването. Важна полза са и подобренията, свързани с опазване на околната среда, както и подпома-

гането на децентрализацията при вземането на решения на ниво производство.

Фиг. 5. Рамка на СЕМ с използване на IIoT

Литература

1. EC Directive. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on Energy Efficiency. Brussels, Belgium: European Council. 14 November 2012. Retrieved 2016-09-20.

2. ISO 50001-2011. Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use (IDT).

3. IERC. European Research Cluster on the Internet of Things. http://www.internet-of-things-research.eu/documents.htm.

4. Shrouf, F., G. Miragliotta. Energy Management Based on Internet of Things: Practices and Framework for Adoption in Production Management. – *Journal of Cleaner Production*, 100, March 2015, 235-246.

5. Care+. Наръчник по енергийна ефективност за химически МСП. Добри практики за енергийна ефективност, 2009. http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/RC%20tools%20for%20SMEs/CARE-self-audit-guide-in-bulgarian.pdf.

6. ISO 9001. Quality Management Systems Requirements.

7. ISO 18001. OHSAS, Occupational Health and Safety Standard.

8. ISO 14001. Environmental Management Systems – Requirements with Guidance for Use.

9. ISO 50006-2014. Energy Management Systems – Measuring Energy Performance Using Energy Baselines (EnB) and Energy Performance Indicators (EnPI) – General Principles and Guidance.

За контакти:
Инж. **Полина Кесова**
Проф. д-р **Идилия Бачкова**
Катедра „ Автоматизация на производството“
Химикотехнологичен и металургичен университет
бул. Климент Охридски 8, София
e-mails: p.krasimirova@gmail.com, idilia@uctm.edu

Софийска енергийна агенция –

Софийска енергийна агенция – СОФЕНА е основана през 2001 г. и оттогава извършва:

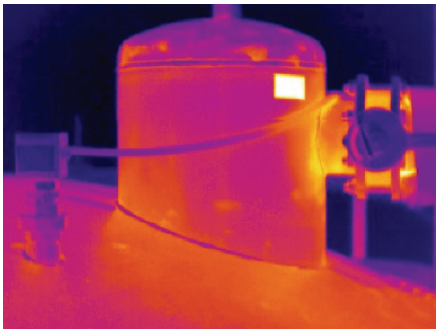
✓ Проучвания и анализи за енергийна ефективност и възобновяеми енергийни източници.

✓ Внедряване на международни стандарти за управление на околната среда и енергиен мениджмънт (ISO 14001 и ISO 50001).

✓ Технико-икономически анализи на енергоспестяващи мерки и техническа помощ при осигуряване на финансиране за тяхното осъществяване.

✓ Обучения на служители на фирми, общини и експерти.

✓ Други специфични за клиента консултации в областите на дейност.

СОФЕНА ЕООД е дъщерно дружество на агенцията, създадено за извършване на енергийни обследвания и сертифициране на сгради и енергийни обследвания на промишлени системи и системи за осветление.

За контакти:
1124 София, ул. Цар Иван Асен II № 65, ет. 1
тел. 02 9434401
e-mail: office@sofena.com
www.sofena.com