

Tadeusz MEDERSKI¹, Marcin RYBOTYCKI¹ i Agnieszka DOŁHAŃCZUK-ŚRÓDKA²

PRAKTYCZNE ZARZĄDZANIE ENERGIĄ W PRZEDSIĘBIORSTWIE

PRACTICAL ENERGY MANAGEMENT IN COMPANY

Abstrakt: Zarządzanie energią w przedsiębiorstwie może być skutecznym narzędziem do zmniejszenia zapotrzebowania energii pierwotnej oraz końcowej przedsiębiorstwa, a tym samym poprawy konkurencyjności firmy. Niniejsza praca przedstawia przykłady zarządzania energią zastosowane w przedsiębiorstwach oraz efekty przeprowadzonych audytów energetycznych wskazujących na poprawę efektywności energetycznej. W pracy zestawiono z jednej strony niektóre wymagania normy PN-EN ISO 50001:2011, skupiające się na przeglądzie energetycznym i monitorowaniu zużycia energii oraz wymagania Ustawy o efektywności energetycznej z 20 maja 2016 wymagającej przeprowadzenia audytu energetycznego przedsiębiorstwa, a drugiej strony praktyczne rozwiązania zastosowane w przedsiębiorstwach w zakresie monitorowania zużycia energii oraz uzyskiwanych efektów przeprowadzanych analiz i bilansów energetycznych.

Słowa kluczowe: ISO 50001, zarządzanie energią, efektywność energetyczna, redukcja zużycia energii w przedsiębiorstwie

Wprowadzenie

W ramach ogólnie pojętego zarządzania środowiskowego jednym z najważniejszych elementów jest konsumpcja energii oraz związana z nią emisja CO₂. Aktualnie znane i najpowszechniejsze systemy zarządzania środowiskowego, tj. ISO 14001 i EMAS, oraz nowoczesne systemy oceny cyklu życia w postaci deklaracji środowiskowych III typu skupiają się na tym zagadnieniu w większym lub mniejszym stopniu, co uzależnione jest od profilu firmy i skuteczności funkcjonowania samego systemu zarządzania. Niewątpliwie bardzo dużym wsparciem, w rozumieniu zagadnień środowiskowych, jest system zarządzania energią wg PN-EN ISO 50001:2011 [1], który skupia się tylko na zagadnieniach związanych ze zużyciem energii, a przez to pośrednio na ograniczaniu negatywnego wpływu na środowisko.

W ostatnich latach w Polsce nie występowało znaczące zainteresowanie systemem zarządzania energią wg ISO 50001 w wersji z 2011 roku. Z doświadczeń praktycznych widać, że podejście takie wynika z nadmiernej biurokratyzacji wcześniej wdrożonych systemów zarządzania, np. jakością czy środowiskowego. W ostatnim roku zauważono duże zainteresowanie systemem zarządzania energią wg ISO 50001. Fakt ten wynika prawdopodobnie z regulacji prawnych, które wprowadziły konieczność przeprowadzania audytu energetycznego dużych przedsiębiorstw. Obowiązek sporządzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa został nałożony na przedsiębiorcę, który w co najmniej jednym z dwóch ostatnich lat obrotowych:

¹ Samodzielna Katedra Inżynierii Procesowej, Uniwersytet Opolski, ul. R. Dmowskiego 7-9, 45-365 Opole, email: tadeusz@uni.opole.pl

² Samodzielna Katedra Biotechnologii i Biologii Molekularnej, Uniwersytet Opolski, ul. kard. B. Kominka 6a, 45-032 Opole

Praca była prezentowana podczas konferencji ECOpole' 16, Zakopane, 5-8.10.2016

- zatrudniał średniorocznie co najmniej 250 pracowników lub
- osiągnął roczny obrót netto ze sprzedaży towarów, wyrobów i usług oraz operacji finansowych przekraczający równowartości w złotych 50 milionów euro lub sumy aktywów jego bilansu sporządzonego na koniec jednego z tych lat przekroczyły równowartości w złotych 43 milionów euro.

Zgodnie z nową regulacją prawną rozdziału 5 ustawy o efektywności energetycznej z dnia 20 maja 2016 r. [2], wypełniającej zobowiązania Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylenia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE (L 315/1), audyt energetyczny przedsiębiorstwa zobowiązane są przeprowadzić duże przedsiębiorstwa najpóźniej do 30.09.2017 r., a później powtarzać taki audyt co 4 lata. Z tego obowiązku są jednak zwolnione firmy posiadające:

- system zarządzania energią określony w Polskiej Normie dotyczącej systemów zarządzania energią, wymagań i zaleceń użytkownika lub
- system zarządzania środowiskowego, o którym mowa w art. 2 pkt 13 Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 1221/2009 z 25 listopada 2009 r. w sprawie dobrowolnego udziału organizacji w systemie ekozarządzania i audytu we Wspólnocie (EMAS), uchylającego rozporządzenie (WE) nr 761/2001 oraz decyzję Komisji 2001/681/WE i 2006/193/WE

jeżeli w ramach tych systemów przeprowadzono audyt energetyczny przedsiębiorstwa.

W przepisach pojawia się pewne pole interpretacyjne dotyczące firm spełniających powyższe warunki. Z jednej strony przedstawia się interpretację sugerującą brak konieczności przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa w kolejnych cyklach czteroletnich, a jedynie przeprowadzenie pierwszego audytu energetycznego w terminie do 30.09.2017 r. Natomiast druga część interpretacji wskazuje, że firmy nie są zobowiązane w żadnym wypadku do przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa, a jedynie do przeprowadzania audytu w ramach systemu zarządzania, przy czym nie sprecyzowano, jaką formę miałyby to przyjąć.

Jeśli przeczytamy wymagania zwalniające firmy z przeprowadzania audytu energetycznego przedsiębiorstwa, tj. posiadanie odpowiedniego systemu zarządzania wymienionego w art. 36 ust. 2, to dojdziemy do wniosku, że posiadany system w konkretnej firmie może mieć charakter deklaracyjny. Inaczej mówiąc, nie musi być certyfikowany (weryfikowany) przez zewnętrzne niezależne jednostki certyfikujące. Sprowadza się to do tego, że w najbardziej skrajnej interpretacji firma deklarująca posiadanie np. systemu zarządzania energią zgodnego z PN-EN ISO 50001 nie musi przeprowadzać audytu energetycznego przedsiębiorstwa i nie ma obowiązku składania zawiadomienia do Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki o potencjalnych działaniach możliwych do realizacji w zakresie poprawy efektywności energetycznej.

Zgodnie z art. 51 ustawy, przedsiębiorca zobowiązany jest do zawiadomienia Prezesa URE o przeprowadzonym audycie w terminie 30 dni od dnia jego przeprowadzenia. Do zawiadomienia o przeprowadzonym audycie energetycznym należy dołączyć informację o możliwych do uzyskania oszczędnościach energii wynikających z przeprowadzonego audytu energetycznego przedsiębiorstwa [1, 3-6].

W ramach rozważań w niniejszym artykule przyjęto trzeci wariant interpretacyjny, który wychodzi od Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia

25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej. Podłożem do wprowadzenia powyższej dyrektywy, a w konsekwencji ustawy o efektywności energetycznej była poprawa efektywności energetycznej do 2020 roku, w stosunku do 1990 roku, o 20% w skali kraju. W związku z tym państwo polskie musi przedstawić dowody na poprawę efektywności energetycznej w skali kraju - obowiązek ten dotyczy organów państwa, a nie wprost przedsiębiorców. Sytuacja taka daje ograniczone możliwości, dlatego że państwo nie dysponuje często własnymi przedsiębiorstwami, które wprost mogłyby ten obowiązek zrealizować w planowanej skali. I tu pojawia się możliwość realizacji tego obowiązku przy wykorzystaniu przedsiębiorstw, szczególnie dużych. Zakładając, że firmy posiadające wdrożony system zarządzania wymieniony wyżej, który zwalniałby z obowiązku przeprowadzania audytu energetycznego i składania sprawozdania do URE, wtedy urząd ograniczałby swoje pole do pozyskiwania informacji dotyczących poprawy efektywności energetycznej. Sytuacja taka nie sprzyjałaby realizacji obowiązku poprawy efektywności energetycznej w skali kraju. Należy tutaj podkreślić, że w planach jest podniesienie efektu energetycznego z 20% do 37-40% do 2030 roku. Biorąc pod uwagę powyższe, należy spodziewać się raczej mechanizmów zmuszających do składania sprawozdań do URE, a w przyszłości mechanizmów wspierających podmioty wdrażające rozwiązania w celu poprawy efektywności energetycznej lub zachęcających do takich działań. Choć dzisiaj na mocy tej ustawy takie mechanizmy wspierające już funkcjonują np. w formie białych certyfikatów.

Podsumowując można stwierdzić, że pojawiły się warunki do podejmowania działań na rzecz poprawy efektywności energetycznej. Jednym z narzędzi wspierających działania na rzecz poprawy efektywności energetycznej jest system zarządzania energią wg ISO 50001 [7-9].

Zanim przejdziemy do efektów, które można uzyskać na podstawie wdrożonego systemu zarządzania energią, należałoby przedstawić założenia normy związanej z poprawą efektywności energetycznej.

Z punktu widzenia normy zagadnienia energetyczne dotyczą zarówno zużycia energii w procesie produkcyjnym, jak i np. zużycia paliwa w firmowym samochodzie osobowym, czy strat energii na wentylacji w części administracyjno-gospodarczej w firmie produkcyjnej, co nie zawsze jest takie oczywiste. Podejście takie jest jak najbardziej uzasadnione, bo zmusza przedsiębiorstwo do poszukiwania „pozytywnych” rozwiązań w całym spektrum działalności firmy i we wszystkich obszarach. Należy się jednak spodziewać, że w wyniku błędów wdrożenia systemu zarządzania energią może on skupiać się tylko na sferze produkcyjnej z pominięciem procesów wspomagających czy zarządczych. Podejście takie ma też inne uzasadnienie, mianowicie warto poprawiać także efektywność energetyczną procesów wspomagających (np. wentylacji), które również wpływają na koszty produkcji.

Innym istotnym elementem zdefiniowanym w normie jest poziom bazowy energii, zużycie i wykorzystanie energii czy wskaźnik wyniku energetycznego (WWE). Poziom bazowy energii to odniesienie ilościowe stanowiące w określonym czasie podstawę do porównań w zakresie efektywności energetycznej i wyrażone w jednostkach fizycznych, np. kWh/rok, kWh/m-c, GJ/rok. Charakterystyczne dla poziomu bazowego energii jest to, że nie powinien się on zmieniać do czasu zaistnienia odpowiedniej przesłanki.

Zużycie i wykorzystanie energii są ze sobą związane i w myśl definicji z normy zużyciem energii jest ilość wykorzystanej energii, a wykorzystaniem energii - sposób lub rodzaj zastosowania energii. W systemie wprost przekłada się to na określenie ile, jakiej energii i w jaki sposób jest wykorzystywane w danym procesie czy obszarze, np. 100 dm³ ON na miesiąc (ile), transport wewnętrzny wózkiem widłowym (gdzie). Wskaźnik wyniku energetycznego (WWE lub ang. EnPI) jest natomiast zdefiniowany jako wartość ilościowa lub miara wyniku energetycznego określona dowolnie przez organizację [10]. Przy czym wynikiem energetycznym określono mierzone wyniki związane z efektywnością energetyczną, zużyciem i wykorzystaniem energii, może być to wartość wyrażona w procentach lub w jednostkach fizycznych, np. kWh/szt., kWh/kg.

Praktyczne doświadczenia wykorzystania normy ISO 50001

Przykładem praktycznego wykorzystania normy ISO 50001 do poprawy efektywności energetycznej jest zakład obróbki metali. Firma zajmuje się produkcją szerokiego asortymentu wyrobów łączeniowych metalowych o małych gabarytach i wielkoseryjnej produkcji. Zakład wyposażony jest w 167 urządzeń do obróbki metalu o mocy silników elektrycznych od 2,2 do 5,5 kW oraz 7 urządzeń o mocy 300 kW. Urządzenia o największej mocy są chłodzone wodą, zintegrowanym układem chłodzącym obejmującym, poza urządzeniami produkcyjnymi, także urządzenia pomocnicze w postaci szaf sterowniczych.

Oprócz powyższych maszyn stosowane są również urządzenia pomocnicze, takie jak odpylacze, urządzenia pakujące.

Firma jest w ostatniej fazie wdrażania systemu zarządzania energią zgodnie z wymaganiami ISO 50001. W ramach systemu przeprowadzono częściowy audyt energetyczny przedsiębiorstwa. Audytem energetycznym objęto:

- budynki,
- procesy technologiczne oraz procesy wspomagające produkcję,
- transport wewnętrzny.

W ramach systemu zarządzania energią firma podjęła działania zarówno w sferze ogólnej, jak i w szczegółowym zakresie w odniesieniu do wybranych obszarów.

Budynek firmy ogrzewany jest głównie ciepłem odpadowym z kompresorów wytwarzających sprężone powietrze do celów technologicznych. Woda chłodząca kompresory, o temperaturze 70-80°C, kierowana jest na cztery płaszczowe wymienniki ciepła zasilające węzeł cieplny, z którego rozprowadzana jest do instalacji grzewczej w pomieszczeniach biurowych, technicznych i socjalnych oraz wentylatorowni, a także do czterech central wentylacyjnych, w których ogrzewane jest powietrze nadmuchiwane do hal produkcyjnych. Węzeł cieplny może być również zasilany przez dwa kotły na olej opałowy, o mocy po 695 kW każdy, wykorzystywane pomocniczo do utrzymywania dodatniej temperatury w budynku, gdy nie pracują maszyny (w weekendy i w trakcie postojów).

Hala produkcyjna może być również ogrzewana bezpośrednio powietrzem z chłodzenia kompresorów, poprzez kratę wentylacyjną, bez rozprowadzenia powietrza po całej powierzchni hali.

CWU (ciepła woda użytkowa) przygotowywana jest w trzech zasobnikach po 480 dm³ każdy, ogrzewanych wodą z węzła cieplnego, i po podgrzaniu kierowana do punktów

poboru. Układ wyposażony jest w pompę cyrkulacyjną. CWU wykorzystywana jest głównie przez pracowników w łaźniach do kąpieli po zakończeniu każdej zmiany oraz w mniejszym stopniu w sanitariatach i aneksach kuchennych w części socjalno-biurowej. Zmierzone zużycie CWU wyniosło 1,2 m³ na zmianę.

Układ wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła wyposażony jest w 12 wentylatorów o mocy od 1,5 do 7,5 kW i łącznej wydajności 84 500 m³/h. Łączna kubatura wewnętrzna budynku wynosi 111 341 m³, co daje średnią krotność wymiany na poziomie 0,76 1/h.

Wartości współczynników przenikania ciepła dla analizowanych przegród wewnętrznych spełniają w większości aktualne wymagania prawne dotyczące właściwości przegród zewnętrznych. Niewielka część z tych przegród nieznacznie przekracza te wymagania. Jednak analiza zapotrzebowania energii budynku i możliwości poprawy nie wskazują na działania, które dawałyby zadowalający efekt energetyczny przy jednoczesnym krótkim okresie zwrotu inwestycji. W analizowanym obiekcie około 86% zapotrzebowania na ciepło związane jest z przenikaniem ciepła przez przegrody zewnętrzne.

W budynku zastosowano centrale wentylacyjne nawiewno-wywiewne z odzyskiem ciepła, zapewniające odpowiednią wentylację pomieszczeń.

W ramach systemu zarządzania energią podjęto następujące działania:

- zidentyfikowano wszystkie urządzenia pomiarowe związane z zagadnieniami energetycznymi, tj. miernik temperatury, ciśnienia, przepływu płynów, parametrów energii elektrycznej itd.,
- zweryfikowano prowadzone zapisy z pomiarów wielkości charakterystycznych dla energii, w tym częstotliwość zapisów, czas dokonywania odczytów, odpowiedzialności w tym zakresie,
- dokonano bilansu zużycia i wykorzystania energii dla całego zakładu,
- wyznaczono obszary znaczącego zużycia i wykorzystania energii,
- dokonano bilansów energetycznych wybranych istotnych obszarów zużycia energii, w tym układu sprężonego powietrza, układu chłodzenia maszyn, układu wentylacji z możliwością rekuperacji i ogrzewania ciepłem odpadowym, transportu wewnętrznego oraz wybranych maszyn produkcyjnych,
- dokonano oceny energetycznej obiektów budowlanych pod kątem energetycznym.

Celem podejmowanych działań było poszukiwanie obszarów najskuteczniejszej poprawy efektywności energetycznej z uwzględnieniem czasu zwrotu inwestycji.

Podsumowanie i wnioski

W wyniku podjętych działań zidentyfikowano obszary zużycia energii o potencjale do poprawy efektywności energetycznej:

- możliwość zainstalowania sterowników do obsługi pomp cyrkulacyjnych w obiegu CWU,
- możliwość zmiany mocy wymienników współpracujących z chłodziwą wentylatorową,
- wykonywanie cyklicznych przeglądów technicznych pod kątem zanieczyszczeń biologicznych oraz powstającego osadu na wkładach chłodziwy,
- możliwość zastosowania pokrycia dachu o dużym współczynniku odbicia światła w okolicy urządzeń chłodzących oraz zraszaczy wodnych,

- usunięcie zdublowanych urządzeń na linii produkcyjnej,
- możliwość wykorzystania ciepła odpadowego z układu chłodzenia sprężarek do wytworzenia chłodu w pompie absorpcyjnej i wykorzystanie do wspomagania chłodzenia maszyn.

Powyżej wymienione propozycje zostały poddane szczegółowej ocenie oraz pomiarom pracy urządzeń. Do oceny w zakresie wykorzystania ciepła odpadowego z układu chłodzenia sprężarek do wytworzenia chłodu w pompie absorpcyjnej posłużono się aktualną i planowaną mocą układów, średniorocznym czasem pracy układów oraz kosztem jednostki energii elektrycznej. W tabeli 1 zestawiono moce elektryczne i cieplne aktualnego i zastępującego układu chłodzenia oraz planowane zużycie energii przy zastąpieniu w pełni schładzarek pompą absorpcyjną.

Tabela 1

Moce elektryczne i chłodnicze aktualnie funkcjonującego układu i oraz proponowanego układu

Table 1

Electrical power and cooling power of currently systems and proposed system

| | Aktualny układ chłodzenia sprężarkami [kW] | Proponowany układ pompy absorpcyjnej [kW] |
|-----------------|---|--|
| Moc elektryczna | 120 | 10,59 |
| Moc chłodnicza | 360 | 175,8 |

Tabela 2

Planowane zużycie energii przy zastąpieniu w pełni schładzarek pompą absorpcyjną

Table 2

Planned power consumption when replacing current system and cooling pump absorption

| | Ilość energii [MWh] |
|--|----------------------------|
| Sprężarki (aktualne) | 360 |
| Pompa absorpcyjna (planowane) | 1,77 |
| Chłodnia wentylatorowa (planowane) | 9 |
| Pompa cyrkulacyjna i próżniowa (planowane) | 21 |

Przeprowadzona analiza wykorzystania ciepła odpadowego z układu chłodzenia sprężarek do wytworzenia chłodu w pompie absorpcyjnej wykazała prosty czas zwrotu inwestycji (SPBT) wynoszący 4 lata, co skutkuje pozytywną ocenę planowanej inwestycji.

W ramach oceny przeprowadzono analizę poprawy skuteczności układu chłodzenia przez zastosowanie dodatkowego systemu zraszania wymienników ciepła. W wyniku przeprowadzonej oceny wskazuje się na możliwość wykonania instalacji zraszającej wymienniki wodą w ilości maksymalnej do 400 kg/h, zapewni to wzrost mocy chłodzącej do 360 kW. Planowane roczne zużycie wody na wsparcie chłodzenia układu sprężarkowego wyniesie ok 700 m³. Analizę przeprowadzono dla dwóch miesięcy o najwyższej temperaturze zewnętrznej, dla których przyjęto średniogodzinowe zużycie wody w ilości 200 kg/h (przy maksymalnym chwilowym zużyciu wody do 400 kg/h). Przeprowadzone obliczenia wykazują, przy średnim zużyciu wody 200 kg/h, czas zwrotu inwestycji w ciągu 1 roku.

Czas zwrotu inwestycji liczony jest dla okresu letniego przy zachowaniu aktualnej ilości ciepła odprowadzonego z procesu i może być mniejszy w zależności od temperatury zewnętrznej (im mniejsza temperatura zewnętrzna, tym mniejszy efekt).

Literatura

- [1] Norma PN-EN ISO 50001:2012. System zarządzania energią - Wymagania i zalecenia użytkownika. http://dqs.pl/wp-content/uploads/PN-EN-ISO-50001_2012P.pdf.
- [2] Dz.U.2016.831. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej (DzU z dnia 11 czerwca 2016 r.). <http://www.lex.pl/du-akt/-/akt/dz-u-2016-831?refererPlid=25531>.
- [3] Norma PN-EN 16247-1:2012 Audyty energetyczne - Część 1: Wymagania ogólne. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-16247-1-2012p.html>.
- [4] Norma PN-EN 16247-2:2014-06 Audyty energetyczne - Część 2: Budynki. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-16247-2-2014-06p.html>.
- [5] Norma PN-EN 16247-3:2014-06 Audyty energetyczne - Część 3: Procesy. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-16247-3-2014-06p.html>.
- [6] Norma PN-EN 16247-4:2014-06 Audyty energetyczne - Część 4: Transport. <http://sklep.pkn.pl/pn-en-16247-4-2014-06p.html>.
- [7] Mederski T, Woźniak P. Praktyczne sposoby wdrażania systemu zarządzania energią - część pierwsza. In: Wybrane zagadnienia szeroko pojętej inżynierii procesowej. T. 2. Gawdzik A, redaktor. Opole: Wyd i Druk Świętego Krzyża; 2015:51-62.
- [8] Oung K. Zarządzanie energią w przedsiębiorstwie. Warszawa: Wyd Nauk PWN; 2014.
- [9] Penar J, Słupik T. Audyt energetyczny jako element wspierający efektywne wytwarzanie i wykorzystanie energii. *Energetyka Ciepła i Zawodowa*. 2010;4:58-61. http://www.energopomiar.com.pl/publikacje/Słupik_Penar_ECiZ_2010.pdf.
- [10] Lee S-K, Teng M-C, Fan K-S, Yang K-H, Horng R S. Application of an energy management system in combination with FMCS to high energy consuming IT industries of Taiwan. *Energy Conv Manage*. 2011;52(8-9):3060-3070. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2010.12.031>.

PRACTICAL ENERGY MANAGEMENT IN COMPANY

¹Independent Department of Process Engineering, University of Opole

²Chair of Biotechnology and Molecular Biology, University of Opole

Abstract: Energy management in the enterprise can be an effective tool for primary and final energy demand decrease, thus improving the competitiveness of the enterprise. This paper presents examples of energy management implemented in the enterprises and the effects of energy audits that indicated energy efficiency improvement. The study summarizes some of the PN-EN ISO 50001: 2011 standard requirements regarding energy review and monitoring of energy consumption, the Act on the energy efficiency of 20 May, 2016 which demands companies to carry out an energy audit as well as practical solutions used in the enterprises in the range of energy consumption monitoring and the effects achieved from data and the energy balances analysis.

Keywords: ISO 50001, energy management, energetic efficiency, reduction of energy consumption in the company

