XLII Konferencja Naukowo - Techniczna

GDAŃSKIE DNI ELEKTRYKI' 2017

Stowarzyszenie Elektryków Polskich, Oddział Gdańsk
Gdańsk, 26-28 października 2017

SYSTEM ZARZĄDZANIA ENERGIĄ W PRAKTYCE INŻYNIERSKIEJ

Mirosław WŁAS

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki
tel: 58 347-23-37 fax: 58 341-08-80, e-mail: miroslaw.wlas@pg.gda.pl

Streszczenie: Oprogramowanie Systemu Zarządzania Energią (SZE) musi gromadzić różnego rodzaju dane: od wskaźników Efektywności Energetycznej, poprzez analizy energetyczne, krzywe trendu, listy komunikatów alarmowych, aż do skomplikowanych raportów graficznych. Zużycie energii może być analizowane nie tylko według ilości produkcji, ale również w połączeniu z danymi dotyczącymi cen i kosztów. System Zarządzania Energią (SZE) jest działaniem organizacyjnym (z elementami obszaru technicznego), którego skuteczne wdrożenie powinno pozwolić na poprawę wyniku energetycznego, a co za tym idzie, obniżenie kosztów energii oraz stopnia oddziaływania na środowisko.W artykule przedstawiono podstawowe funkcjonalności systemu takie jak: system alarmowy i obsługa zdarzeń, strażnik mocy czynnej i biernej, rejestracja mocy, energii, prądu i napięcia, fakturowanie, zmiana taryf, system bilingowy, rozliczenia i prognozowanie zużycia energii. Prace zostały przeprowadzone w zakładzie produkcji aerozoli w województwie pomorskim. Celem badań było stworzenie systemu umożliwiającego monitorowanie parametrów energetycznych i oddziaływanie na instalacje. W pracy przedstawiono ustawienia strażnika mocy oraz systemu alarmów i obsługi zdarzeń.

Słowa kluczowe: system zarządzania energią, efektywność energetyczna,

1. WPROWADZENIE

Przedsiębiorstwa coraz chętniej kontrolują zużycie nośników energii, nie tylko całościowo, ale także dla poszczególnych linii i instalacji produkcyjnych. Ustawa o efektywności energetycznej [1] nakłada obowiązek wykonania audytu na duże przedsiębiorstwa, z czego może zwolnić posiadanie systemu zarządzania energią zgodnego z normą ISO 50001 [5, 6]. Liczne przepisy Unii Europejskiej wdrożone do polskiego prawodawstwa zachęcają do zwiększenia efektywności energetycznej przedsiębiorstw, przez system zachęt np. białych certyfikatów [1]. Nie da się jednak wdrożyć systemu oszczędności w skomplikowanych układach produkcyjnych bez efektywnego systemu pomiarów i agregacji danych [2]. Oczywiście, istnieją proste sposoby zmniejszenia zużycia energii, do których można zaliczyć:

- zmianę zachowań pracowników, aby wyłączali maszyny w czasie przerw śniadaniowych oraz podczas przerw międzyzmianowych,
- wymiana energochłonnych źródeł światła: żarowego bądź metal-halogenowego, fluorescencyjnego na oszczędne oświetlenie LED,
- montaż czujników ruchu w niektórych strefach komunikacyjnych, socjalnych i biurowych,
- wymiana silników w układach wentylacji na silniki energooszczędne o mniejszej (zredukowanej) mocy, z możliwą przebudową central wentylacyjnych.

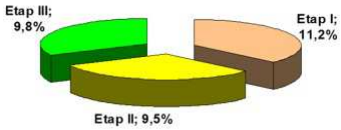
W wielu przedsiębiorstwach można uzyskać oszczędności od 5% do 30% zużycia energii, przy czasie zwrotu z inwestycji nawet do 2 lat [4]. Niemniej wprowadzenie oszczędności w procesach produkcyjnych wymaga dogłębnej wiedzy dotyczącej danej technologii oraz wiedzy z zakresu technologii informatycznych i bazodanowych [2]. W celu zapewnienia skutecznego planu pomiaru i monitorowania zainstalowany system powinien jednocześnie mierzyć i analizować zużycie energii oraz wydajność produkcji (wyznaczenie współczynnika efektywności energetycznej). Montaż systemu jest niezbędny w celu wprowadzenia normy ISO 50001 i cyklu PDCA (ang. Plan Do Check Act) [6].

Z doświadczeń Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE) [3] wynika, że szacunkowy potencjał zysków z podjęcia działań proefektywnościowych w przedsiębiorstwie można przedstawić w następujący sposób (rys. 1.):

Etap I – opracowanie, wdrożenie lub usprawnienie systemu zarządzania energią oraz wzmocnienie procesu kontroli operacji technologicznych - 11,2% oszczędności;

Etap II – zastosowanie dodatkowego opomiarowania i wdrożenie systemów kontroli eksploatacji - 9,5%;

Etap III – zmiany na liniach technologicznych i w układach pomocniczych - 9,8% oszczędności.



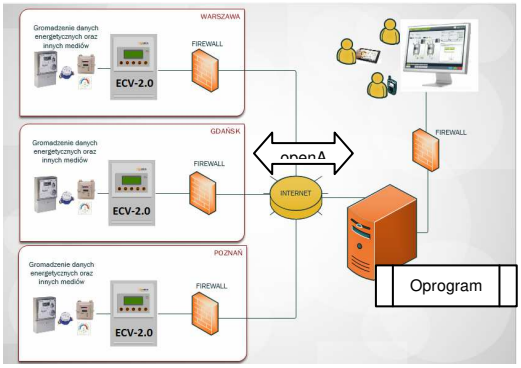
Rys. 1. Szacunkowy potencjał uzyskania efektów oszczędności energii w przedsiębiorstwie

1. BUDOWA SYSTEMU ZARZĄDZANIE ENERGIĄ ELEKTRYCZNĄ

2.1. Opis systemu

Prezentowany w artykule system SZE opracowano w wyniku współpracy prywatnych przedsiębiorców z Wydziałem Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej (PG). System składa się z koncentratora danych ECV-2.0 montowanego w stacji transformatorowej oraz oprogramowania bazodanowego i wizualizacyjnego

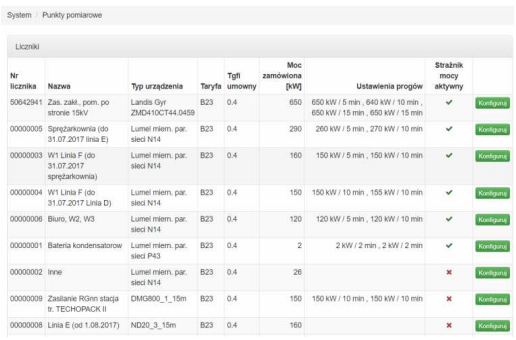
instalowanego na serwerze PG (rys. 2). ECV-20 to zaawansowany sterownik mikroprocesorowy z wejściami analogowymi i cyfrowymi oraz rozbudowanymi możliwościami komunikacyjnymi, które umożliwiają integrowanie sterownika z innymi urządzeniami (liczniki energii, analizatory mocy, sterowniki PLC, sterowniki układów klimatyzacji i wentylacji, kompensatory mocy biernej, przekaźniki wyłączników mocy). Sterownik może sterować urządzeniami zgodnie z założonymi wymaganiami. Komunikacja pomiędzy systemem nadrzędnym a urządzeniami ECV-2.0 (koncentratorami danych) odbywa się za pomocą protokołu OpenADR. Szczegóły dotyczące standardu oraz lista urządzeń i procesów dostępna jest na stronie: http://www.openadr.org/. OpenADR opiera się na wymianie wiadomości między węzłami nadrzędnymi – VTN (ang. Virtual Top Node) a węzłami końcowymi – VEN (ang. Virtual End Node). Węzły nadrzędne pełnią funkcje aplikacji sterujących procesami DR oraz agregatora danych, natomiast węzły końcowe (urządzenia IED) realizują żądania DR otrzymane od VTN i raportują dane z kontrolowanych przez nie zasobów takich, jak urządzenia pomiarowe, urządzenia magazynujące energię, czy urządzenia zużywające energię (oświetlenie, klimatyzatory, linie produkcyjne itp.).



Rys. 2. Schemat systemu zarządzania energią

2.2. Pomiar energii elektrycznej

Do pomiaru energii na niskim napięciu wykorzystano w dostępne na rynku analizatory energii elektrycznej firmy Lovato tym DM800 oraz firmy Lumel typ P43, ND20 i N14 z przekładnikami prądu. Do pomiaru całkowej energii pobieranej przez zakład wykorzystano do pomiaru rezerwy licznik energii elektrycznej firmy Landis+Gyr typ ZMD410CT44- 0459. Urządzenia pomiarowe umieszczono w dwóch kontenerowych stacjach transformatorowych. Do odczytu danych z analizatorów wykorzystano protokół ModbusRTU. Analizowane punkty pomiarowe z ustawieniami strażnika mocy przedstawiono na rys. 3.


System › Punkty pomiarowe

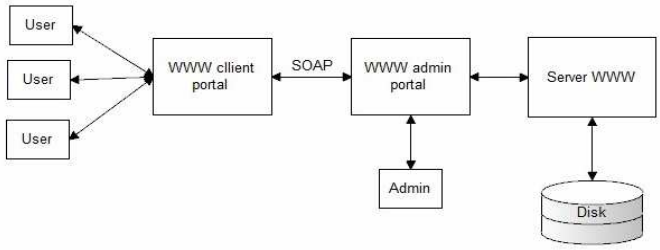
Liczniki

Nr licznika	Nazwa	Typ urządzenia	Taryfa	Tgfi umowny	Moc zamówiona [kW]	Ustawienia progów	Strażnik mocy aktywny	
50642941	Zas. zakł., pom. po stronie 15kV	Landis Gyr ZMD410CT44.0459	B23	0.4	650	650 kW / 5 min , 640 kW / 10 min , 650 kW / 15 min , 650 kW / 15 min	✔	Konfiguruj
00000005	Sprężarkownia (do 31.07.2017 linia E)	Lumel miern. par. sieci N14	B23	0.4	290	260 kW / 5 min , 270 kW / 10 min	✔	Konfiguruj
00000003	W1 Linia F (do 31.07.2017 sprężarkownia)	Lumel miern. par. sieci N14	B23	0.4	160	150 kW / 5 min , 150 kW / 10 min	✔	Konfiguruj
00000004	W1 Linia F (do 31.07.2017 Linia D)	Lumel miern. par. sieci N14	B23	0.4	150	150 kW / 10 min , 155 kW / 10 min	✔	Konfiguruj
00000006	Biuro, W2, W3	Lumel miern. par. sieci N14	B23	0.4	120	120 kW / 5 min , 120 kW / 10 min	✔	Konfiguruj
00000001	Bateria kondensatorow	Lumel miern. par. sieci P43	B23	0.4	2	2 kW / 2 min , 2 kW / 2 min	✔	Konfiguruj
00000002	Inne	Lumel miern. par. sieci N14	B23	0.4	26		✖	Konfiguruj
00000009	Zasilanie RGnn stacja tr. TECHOPACK II	DMG800_1_15m	B23	0.4	150	150 kW / 10 min , 150 kW / 10 min	✖	Konfiguruj
00000008	Linia E (od 1.08.2017)	ND20_3_15m	B23	0.4	160		✖	Konfiguruj

Rys. 3. Zestawienie punktów pomiarowych

2.3 System bazodanowy

Wszystkie dane magazynowane są na serwerze pracującym z systemem operacyjnym Linux. Serwer zlokalizowano na PG, co gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa dzięki pracy wielu administratorów. Diagram z rysunku 4 prezentuje możliwości dostępu do serwisu za pomocą przeglądarki WWW, oraz poziomy bezpieczeństwa. W prezentowanym rozwiązaniu nie ma bezpośredniej możliwości dostępu do bazy danych z danymi pomiarowymi. Dostęp do danych pomiarowych odbywa się za pomocą protokołu SOAP. Takie rozwiązanie zabezpiecza dane w przypadku włamania i próby ich usunięcia.



Rys. 4. Schemat dostępu zewnętrznych użytkowników do bazy

W celu zapewnienia ciągłości pracy serwisu, zastosowano lustrzane odbicie głównego systemu. W przypadku awarii systemy głównego następuje automatyczne przełączenie na system lustrzany. Baza danych jest replikowana za zewnętrznym dysk sieciowy. Ponadto tworzona jest przyrostowa kopia zapasowa w okresach: miesiąc, tydzień, dzień.

3. MOŻLIWOŚCI OPROGRAMOWANIA SZE

Aby zalogować się do systemu w przeglądarce internetowej należy wpisać adres https://manager.ems.gda.pl. Po załadowaniu strony wyświetli się panel logowania umożliwiający zalogowanie się do serwisu.

W systemie domyślnie istnieją dwa poziomy uprawnień konta użytkowników:

- monitoring służy tylko do podglądu danych pomiarowych;
- administrator umożliwia przeglądanie danych pomiarowych, edytowanie parametrów systemu.

Istnieje także możliwość definiowania nowych użytkowników.

Po zalogowaniu wyświetli się strona główna (rys.5) do przeglądania ogólnych informacji o urządzeniach pomiarowych według poniższej specyfikacji:

- taryfa dla danego urządzenia,
- moc umowna,
- tg φ umowny,
- czas ostatniego zapisu do bazy
- energia czynna w danym miesiącu,
- energia bierna indukcyjna w danym miesiącu,
- energia bierna pojemnościowa w danym miesiącu.

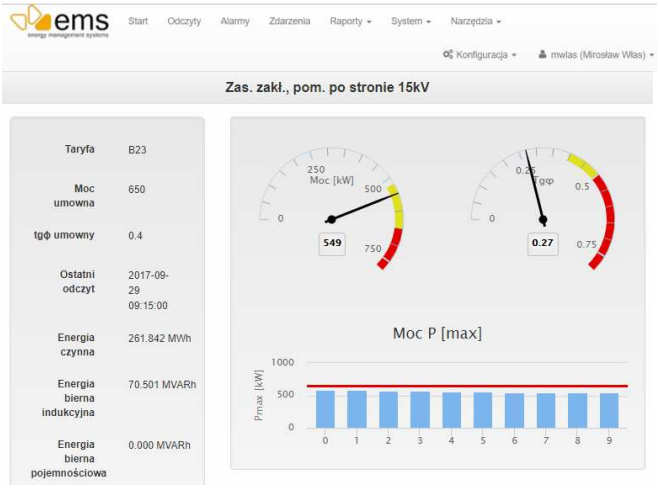
W formie grafów zaprezentowano na stronie głównej:

- aktualna moc czynną,
- aktualny tg φ,
- dziesięć największych wartości mocy czynnej w danym miesiącu, wraz z progiem mocy zamówionej.

Górną część menu systemu podzielono na dwie części - po lewej funkcje systemowe, a po prawej konfiguracja użytkownika. W tej części menu możliwa jest konfiguracja

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

użytkownika taka jak zmiana hasła, zmiana informacji o użytkowniku, zmiana języka oraz zmiana motywu.



Rys. 5. Strona główna systemu zarządzania

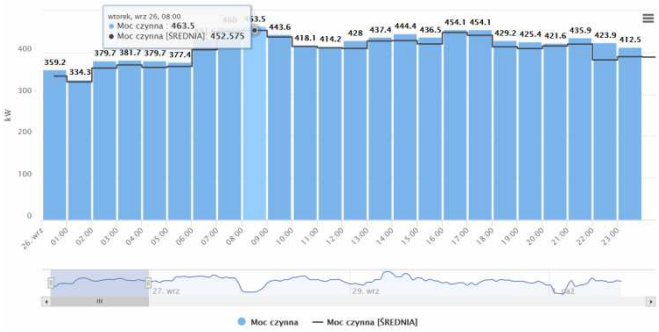
Menu nawigacyjne pozwala na poruszanie się po zawartości strony WWW. Zawartość menu różni się w zależności od poziomu uprawnień.

Do modułów obliczeniowych realizowanych na serwerze można zaliczyć:

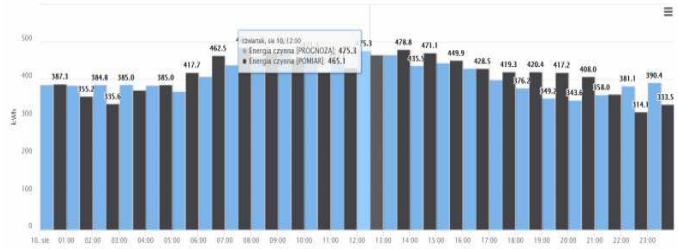
- obsługę alarmów,
- obsługę zdarzeń,
- przygotowanie prognozy zużycia energii,
- obliczenie faktur, rozkładów dobowych i taryf.

Wizualizacja pozwala na wyświetlenie następujących zawartości na stronie WWW:

- odczyty danych pomiarowych co 10 sekund (rys. 8),
- alarmy i zdarzenia,
- raporty w postaci: wykresów (rys. 6), faktur, rozliczeń międzyokresowych, rozkładów dobowych, wykresów prognoz oraz rozkładów prognoz (rys. 7),
- wprowadzenia taryf , punktów pomiarowych i parametrów strażnika mocy (rys. 10).



Rys. 6. Przebiegi czasowe mocy czynnej



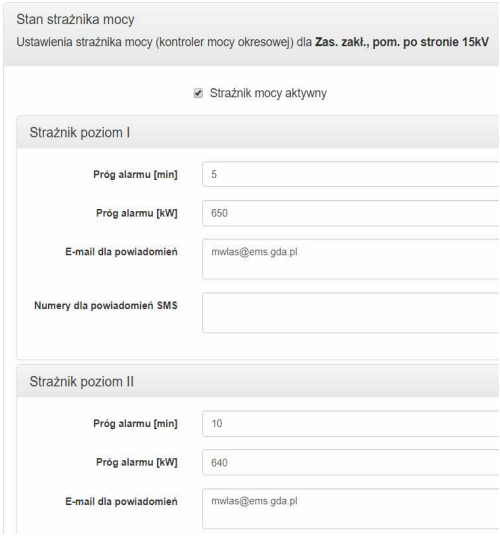
Rys. 7. Przebiegi czasowe zmiennych rzeczywistych oraz prognozy godzinowej zużycia energii elektrycznej

Raport pozwalają nie tylko na kontrolę zużycia energii i sprawdzenie wartości mocy czynnej i biernej, ale umożliwiają także ocenę, czy obecne taryfy dystrybucji energii są wybrane optymalnie i czy istnieje ich zmiana zmniejszy koszty funkcjonowania przedsiębiorstwa.

Sprężarkownia (do 31.07.2017 linia E)
Lumel miern. par. sieci N14

Opis	Wartość	Jednostka
Energia czynna	2925737.200	kWh
Energia bierna indukcyjna	1306220.400	kVARh
Energia bierna pojemnościowa	282.300	kVARh
Moc czynna	60.731	kW
Prąd	92.597	A
Prąd w I fazie	90.682	A
Prąd w II fazie	94.856	A
Prąd w III fazie	91.892	A
Napięcie	239.890	V
Napięcie w I fazie	239.240	V
Napięcie w II fazie	240.093	V
Napięcie w III fazie	241.187	V
tgφ	0.452	
tgφ w I fazie	0.473	
tgφ w II fazie	0.432	
tgφ w III fazie	0.458	
Częstotliwość	49.950	Hz

Rys. 8. Odczyty danych pomiarowych co 10 sekund



Rys. 9. Ustawienia strażnika mocy

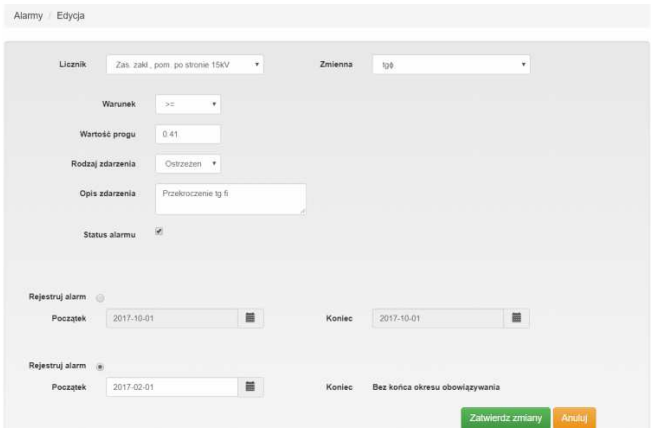
4. ALARMY I ZDARZENIA

Korzystając z menu System/Punkty pomiarowe (rys. 3) przez przycisk Konfiguruj wchodzimy w ustawienia punktów pomiarowych. Najważniejszym ustawieniem jest strażnik mocy 15 minutowej. Można ustawić dla każdego punktu kilaka poziomów strażnika mocy (rys. 9). Oprócz poziomu mocy ustalana jest także minuta wysłania informacji SMS. System wylicza liniową predykcję wystąpienia przekroczenia mocy w 15 minucie na podstawie wyliczeń w minucie, w której ustalono próg wysłania

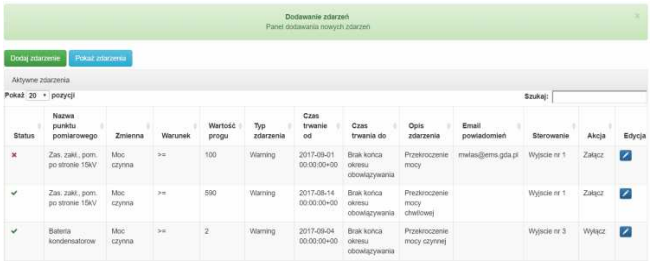
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

wiadomości. Oprócz SMS informacja jest przesyłana na skrzynkę poczty elektronicznej.

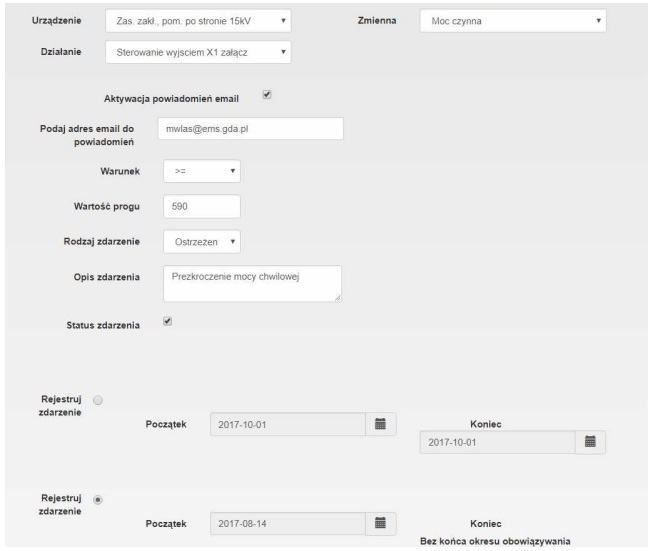
Rys. 10. Okno alarmów



Rys. 11 Dodawanie nowego alarmu



Rys. 12. Okno zdarzeń



Rys. 13. Dodawanie nowego zdarzenia

Na rys. 10, 11, 12 i 13 przedstawiono odpowiednio okno alarmów i zdarzeń oraz dodawanie nowego alarmu i zdarzenia. Alarmy są zbierane w systemie i informują o przekroczeniach wartości dowolnych agregowanych parametrów. Zdarzenia mają nie tylko informować o przekroczeniu wybranego parametru, ale także oddziaływać na urządzenia wykonawcze przyłączone do koncentratora danych ECV-2.0. W najprostszym rozwiązaniu przy spełnieniu warunku wystąpienia zdarzenia wysterowane są wyjścia cyfrowe koncentratora. Dodatkowo przygotowano przesyłanie powiadamiania o zdarzeniu na adres email. Można też wyznaczyć początek i koniec okresu rejestrowania zdarzeń.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

W artykule przedstawiono budowę Systemu Zarządzania energią na podstawie instalacji zamontowanej w zakładzie produkcji aerozoli. System nie jest kompletny. Nie połączono go z system produkcyjnym i nie są obliczane współczynniki efektywności energetycznej. System ma możliwość sterownia odbiorami, a dzięki pojemnej pamięci koncentratora dane mogą być gromadzone na koncentratorze w przypadku utraty komunikacji z serwerem. Najważniejszą wyróżniającą cechą systemu jest możliwość prognozowania i przekazywania danych prognozowanych do sprzedawcy energii. Kolejnym krokiem będzie połączenie planów produkcyjnych oraz baz danych o produkcji w zakładzie z informacjami o zużyciu energii.

7. BIBLIOGRAFIA

1. „Ustawa z dnia 20 maja 2016 r – o efektywności energetycznej” Dziennik Ustaw 2016 poz. 831. [Online]. Dostępne na: dziennikustaw.gov.pl/du/2016/831.
2. M. Swiatek i F. Imbault, „Better energy management by implementing an energy measurement and monitoring plan”, w *2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I CPS Europe)*, 2017, s. 1–4.
3. ZARZĄDZANIE ENERGIĄ – PRAKTYCZNE ASPEKTY OBNIŻENIA KOSZTÓW FUNKCJONOWANIA PRZEDSIĘBIORSTWA, [dostęp: 25.09.2017, www.bialecertyfikaty.com.pl/artykuly /zarzadzanie-energia-praktyczne-aspekty-obnizenia-kosztow-funkcjonowania-przedsiebiorstwa].
4. B. H. Wajer, , “Benchmarking and Energy management Schemes in SMEs (BESS) – Public Final Report”, *Intelligent Energy – Europe*, EIE/04/246/S07.38678, 2007.
5. A. Wessels, „Energy management system implementation at Toyota SA”, w *2011 Proceedings of the 8th Conference on the Industrial and Commercial Use of Energy*, 2011, s. 40–45.
6. T. Fiedler i P. M. Mircea, „Energy management systems according to the ISO 50001 standard; Challenges and benefits”, w *2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity (ICATE)*, 2012, s. 1–4.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN THE INDUSTRIAL DEPARTMENT

The Energy Management Software must collect various types of data: from Energy Efficiency Indicators, through energy analyzes, trend curves, alarm message lists, to complex graphical reports. Energy consumption can be analyzed not only by production but also with price and cost data. The article presents the basic functionalities of the system such as: alarm and event management system, active and passive power guard, power electricity and voltage recording, invoicing, tariff change, billing system, billing and forecasting of energy consumption. The work was carried out at the aerosol production plant in the Pomeranian Voivodship.

Keywords: energy management system, Automatic Deamand Respose, energy monitoring.

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl