

OCENA MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA KLASYCZNEJ METODY WSKAŹNIKOWEJ DO BIEŻĄCEGO ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

Izabela Sadowska

Słowa kluczowe: zarządzanie energią, gospodarka energetyczna

Streszczenie. W artykule zaprezentowano możliwości zastosowania klasycznej metody wskaźnikowej do bieżącego zarządzania energią. Wykazano mocne i słabe strony stosowania metod statycznych. Klasyczna analiza wskaźnikowa daje ograniczone możliwości w zakresie wykrywania stanów alarmowych, co wynika przede wszystkim z niedostatku informacji o występujących związkach przyczynowo-skutkowych. Wielość wskaźników może stać się barierą w sprawnym posługiwaniu się nimi w aspekcie szybkiej i precyzyjnej oceny przebiegu procesu.

1. WSTĘP

Kontrola wskaźników energetycznych oznacza jakościowe podejście do użytkowania nośników energii w zakładach przemysłowych. Wzrost cen nośników, a także ich istotny udział w kosztach produkcji ogółem wymusza konieczność analizy zużycia każdej postaci energii zasilającej. Poprawne zdefiniowanie obszaru kontroli, jej realizacja oraz analiza otrzymanych wyników pozwala między innymi na identyfikację nieprawidłowości oraz określenie ich przyczyn. Jest to obecnie najczęściej używane narzędzie do weryfikacji prowadzonej gospodarki energetycznej.

Wzrost popularności rozwiązań polegających na bieżącej kontroli nośników energii wynika głównie z rozwoju nowoczesnych technik pomiarowych oraz możliwości gromadzenia i obróbki komputerowej dużej liczby danych. Postęp technologii informatycznych w tym zakresie stwarza dogodne warunki do zmiany dotychczasowych praktyk analizy z dużym opóźnieniem czasowym na analizę procesu wykonywaną niemalże bezzwłocznie. Klasyczne metody statyczne zastępuje się wprowadzaniem bieżących usprawnień eksploatacyjnych.

Proponowane zakładom przemysłowym odpowiednio przygotowane systemy wspomagające zarządzanie energią są przede wszystkim bardzo kosztowne. Ich wdrożenie wiąże się również z dość długim okresem czasu. Specyfika dużych zakładów produkcyjnych, wynikająca głównie z dużego zróżnicowania wykorzystywanych nośników energii decyduje o zaniechaniu wdrożenia kosztownych projektów oszczędnościowych. Obiekty te wymagają przeprowadzenia uprzednio rzetelnej i wnikliwej analizy procesów składowych, co w wielu przypadkach przewyższa koszt możliwych do uzyskania oszczędności.

Wstępem do zastosowania zaawansowanych systemów zarządzania energią powinna być odpowiednio

zdefiniowana kontrola wskaźników energetycznych. Proponowane dotychczas statyczne wyznaczenie wskaźników jednostkowego zużycia nośników energii miało umożliwiać głównie porównywanie uzyskiwanych wyników w różnych obiektach produkcyjnych odnoszących się do tego samego wyrobu. Należy jednak wyraźnie zaznaczyć, że prawidłowe zestawienie otrzymywanych rezultatów napotyka na liczne bariery. Powody niepowodzeń, w zastosowaniu analiz porównawczych wynikają głównie z warunków eksploatacyjnych poszczególnych zakładów. Są one uzależnione głównie od następujących czynników [3]:

- surowcowych, czyli składu chemicznego oraz niektórych własności fizycznych surowców,
- technologicznych, obejmujących między innymi poziom ciśnień, temperatur oraz wydajność procesu, a także stopień automatyzacji, równomierności obciążeń czy poziom obsługi technicznej,
- konstrukcyjnych, do których zalicza się stopień zużycia obiektu produkcyjnego, stan techniczny oraz wydajność urządzeń pomocniczych.

Uzyskanie porównywalności wskaźników jednostkowych narzuca zatem przymus zdefiniowania procesów wzorcowych oraz określenia współczynników korekcyjnych. Jest to proces niezwykle kłopotliwy w realizacji, a do głównych przeszkód można zaliczyć konieczność:

- szczegółowego doprecyzowania schematów obliczeń,
- ujednoczenia formuł obliczeniowych,
- dostępność do specjalistycznych danych na jednakowym poziomie,
- sprowadzenia komponentów do jednakowych warunków zewnętrznych.

Klasyczna metoda wskaźnikowa opiera się na procedurach wyznaczania wskaźników zużycia badanych

nośników. Metody te bazują najczęściej na zestawieniu wskaźników oraz próbie analiz ich wielkości w określonych przedziałach czasu. Wadą tego typu metod jest wnioskowanie na temat zużycia na podstawie danych punktowych. Analiza chwilowego zapotrzebowania na nośniki, niezależnie od przyczyn ich powstawania, prowadzi do uogólniania wniosków i braku kontroli ich bieżącego zużycia. Ignoruje się w ten sposób możliwość wykrywania i eliminowania nadmiernego i nieracjonalnego zużycia nośników w procesie lub prowadzi do ich wykrycia z dużym opóźnieniem. Obserwacja punktowych obliczeń jest zatem niewystarczająca do oceny gospodarki mediami energetycznymi na bieżąco, a największe ograniczenia wynikają z nieuwzględnienia:

- specyfiki dobowej zmienności zapotrzebowania na nośniki (a co się z tym łączy – powstawania nieuzasadnionych kosztów wynikających z możliwości występowania chwilowych nadmiarów bądź deficytów),
- zróżnicowania sposobów użytkowania energii,
- prawidłowo odwzorowanej charakterystyki wydajności procesu.

Przez bieżącą kontrolę wskaźników energetycznych rozumie się prowadzenie ciągłego procesu, którego kolejne etapy wynikają z poprzednich i zamykają się w spójną całość. Podstawowe etapy postępowania przy wdrażaniu procedur bieżącej kontroli procesów technologicznych pod względem użytkowania energii [1, 2] są następujące:

- wyznaczenie oczekiwanych standardów zużycia energii na podstawie danych historycznych i oczekiwanych efektów wprowadzanych działań racjonalizujących zużycie,
- obliczanie różnic pomiędzy mierzonymi na bieżąco wartościami a wielkościami oczekiwanymi,
- identyfikacja przypadków nadmiernych odchylek,
- ingerencja w procesy produkcyjne w celu zminimalizowania tych odchylek.

2. KLASYCZNA METODA WSKAŹNIKOWA

Klasyczna analiza wskaźnikowa jest jednym z najpowszechniej wdrażanych sposobów oceny energochłonności procesów produkcyjnych. Wieloletnie doświadczenia w praktykowaniu metod wskaźnikowych wyznaczyły kierunek działań tworząc z tych metod fundament prowadzonej gospodarki energetycznej. Duże zainteresowanie tą procedurą wynika przede wszystkim z jej prostoty. Bazuje ona głównie na przetwarzaniu zbieranych danych. Generowane w ten sposób wskaźniki są w przystępny sposób interpretowalne. Rezultaty obróbki danych rozumie

z powodzeniem nawet nie wyspecjalizowany personel. Dysponując dobowymi pomiarami dwóch wartości cech (x_i, y_i) , gdzie x_i oznacza i -ty pomiar dobowej wielkości produkcji w jednostkach naturalnych, natomiast y_i oznacza i -ty pomiar dobowego zużycia energii elektrycznej w kWh, można wyznaczyć następujące rodzaje wskaźników:

- dobowe

$$w_i^d = \frac{y_i}{x_i}, \quad (1)$$

gdzie:

x_i – i -ta dobowo wielkości produkcji, j.nat./dobę,

y_i – i -ty pomiar dobowego zużycia energii elektrycznej przez odbiór, kWh/dobę,

w_i^d – i -ty dobowy wskaźnik zużycia energii elektrycznej przez dział na jednostkę naturalną produkcji, kWh/j.nat.,

- miesięczne

$$w_j^m = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} y_i}{\sum_{i=1}^{n_j} x_i} \quad (2)$$

gdzie:

w_j^m – j -ty miesięczny wskaźnik zużycia energii elektrycznej przez dział na jednostkę naturalną produkcji, kWh/j.nat.,

n_j – liczba opomiarowanych dni w j -tym miesiącu,

j – numer kolejnego miesiąca,

- roczne

$$w^r = \frac{\sum_{i=1}^p y_i}{\sum_{i=1}^p x_i} \quad (3)$$

gdzie:

w^r – roczny wskaźnik zużycia energii elektrycznej przez dział na jednostkę naturalną produkcji, kWh/j.nat.,

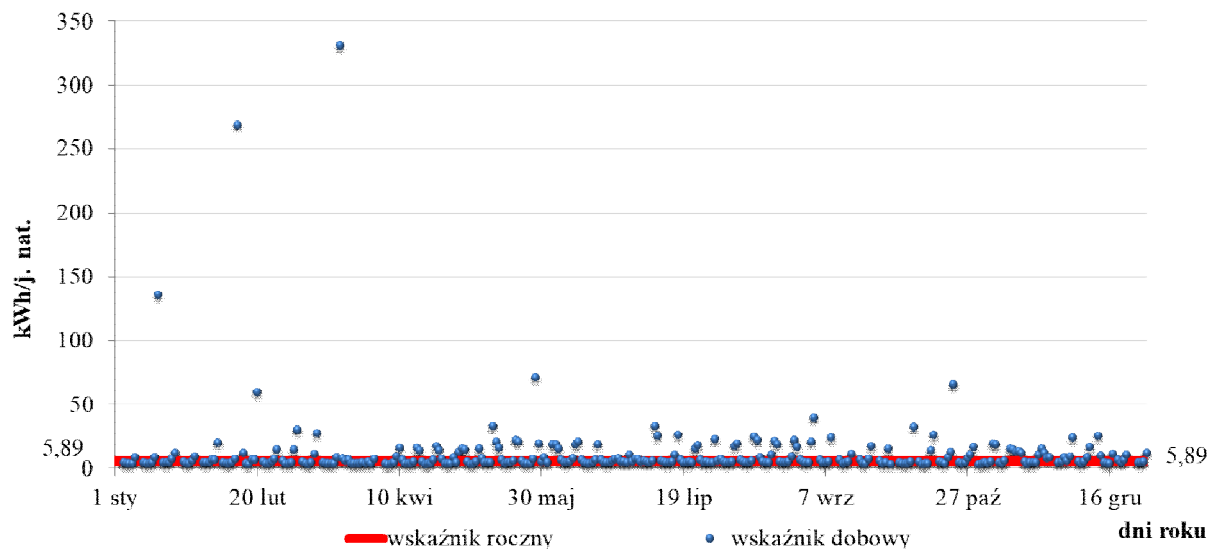
p – liczba opomiarowanych dni w roku.

Punktem wyjścia w typowej analizie wskaźnikowej jest rozumowanie o przebiegu procesu na podstawie wielokierunkowych porównywań uzyskiwanych rezultatów obliczeń. W praktyce najczęściej spotyka się dwa miarodajne zestawienia z:

- wyznaczonymi modelowo dla badanego sektora wielkościami granicznymi,
- uzyskiwanymi podczas wieloletniej obserwacji wielkościami historycznymi.

Obliczany zwyczajowo wskaźnik roczny informuje w bardzo niewielkim stopniu o faktycznym zapotrzebowaniu dobowym na nośniki.

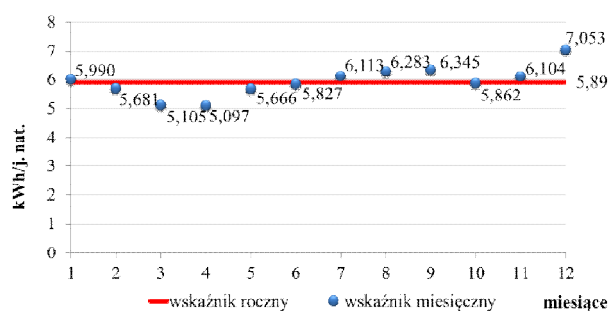




Rys. 1. Zestawienie zmienności rocznej wskaźników dobowych w odniesieniu do wskaźnika rocznego

Zobrazowana na rys. 1 zmienność wskaźników dobowych zużycia energii elektrycznej w odniesieniu do całkowitej produkcji dobowej w perspektywie roku ujawnia wielkość obszaru zmienności. Układ wskaźników dobowych na wykresie rocznym umożliwia dostrzeżenie zmienności tygodniowej. Świadczy o tym regularne pogrupowanie wskaźników dobowych obliczonych dla dób roboczych. Naniesienie na wykresie wskaźnika rocznego na poziomie 5,89 kWh/j.nat. wyznacza obserwowalny podział wskaźników dobowych. Częstotliwość występowania wskaźników dobowych poniżej i powyżej linii stałej klasyfikuje doby ze względu na cykl pracy zakładu. Zapotrzebowanie na energię w czasie dób roboczych generuje wskaźniki poniżej rocznego, te powyżej sugerują o weekendowych przerwach w produkcji.

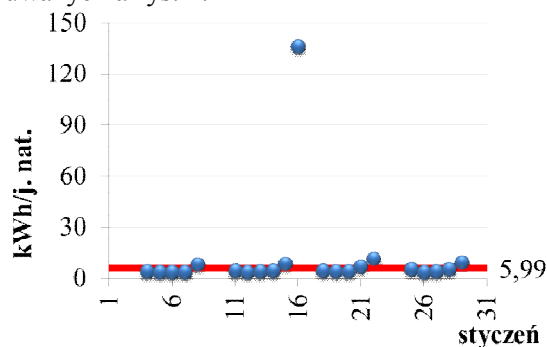
Roczny wykres zmienności dobowej niestety nie informuje o sezonowości pracy zakładu. Cykliczność wskaźników dobowych zawiera się standardowo w obszarze od 3,11 kWh/j.nat. do 40 kWh/j.nat. Nie ma w tej zmienności wyraźnych spadków ani wzrostów wskaźników właściwych dla pór roku. Rozwiązaniem tego problemu może okazać się zatem wykres na rys. 2 oddający zmienność roczną wskaźników miesięcznych.



Rys. 2. Zestawienie zmienności rocznej wskaźników miesięcznych w odniesieniu do wskaźnika rocznego

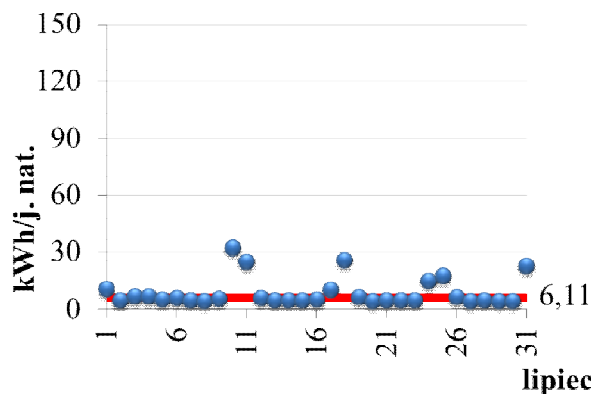
W porównaniu do obszaru zmienności wskaźników dobowych, poziomy wskaźników miesięcznych w analizowanym okresie zdecydowanie mniej odbiegają od zaznaczonego grubą linią wskaźnika rocznego. Wskaźniki dobowe osiągały cyklicznie wzrost około 600% wskaźnika rocznego, miesięczne natomiast w najgorszym przypadku dla grudnia (7,053 kWh/j.nat.) wzrosły maksymalnie o 19,75% w stosunku do poziomu rocznego.

Najodpowiedniejszym odwzorowaniem wymiaru zależności wskaźników do bieżącej kontroli prowadzonej gospodarki energetycznej jest przyrównanie wskaźników dobowych z wyznaczonym wskaźnikiem miesięcznym. Analizę zmienności miar dobowych w nawiązaniu do stałego wskaźnika miesięcznego przybliżono na przykładzie reprezentatywnych miesięcy dla okresu zimowego (styczeń) oraz okresu letniego (lipiec). Wahania wyników obliczeń dla dób roboczych w styczniu (rys. 3) zawierają się w granicy od 3,7 do 11,84 kWh/j.nat. Poziom styczniowych wskaźników dobowych rośnie zatem maksymalnie o 100% w stosunku do wskaźnika miesięcznego (5,99 kWh/j.nat). Tendencji tej nie da się jednak zauważyć na rys. 4.



Rys. 3. Zestawienie zmienności miesięcznej wskaźników dobowych w odniesieniu do wskaźnika miesięcznego stycznia





Rys. 4. Zestawienie zmienności miesięcznej wskaźników dobowych w odniesieniu do wskaźnika miesięcznego lipca

Wyznaczanie wskaźników dobowych ujawniło konieczność pominięcia rachunków w dobach charakteryzujących się przerwą w produkcji. Zużywana energia elektryczna przez analizowany zakład produkcyjny w czasie trwania styczniowych weekendów jest zestawiana z zerową produkcją piwa. Wdrożenie klasycznej analizy wskaźnikowej wydaje się nie mieć uzasadnienia w momentach wstrzymania produkcji ponieważ uzyskiwane w ten sposób wyniki dążą do nieskończoności, nie wnosząc racjonalnych konkluzji do wnioskowania o ich wymiarze.

Wykorzystanie położenia statycznych wskaźników dobowych względem poziomu wskaźnika miesięcznego jest zdecydowanie bardziej uzasadnione w okresie zimowym. Przeprowadzana w ten sposób ocena zużycia energii elektrycznej przez zakład na bieżąco jest możliwa dzięki obserwowalnej regularności zmienności punktów na wykresie. Wdrożenie tych działań w okresie letnim wiąże się z trudnościami, głównie ze względu na brak widocznych tendencji zmienności miar punktowych. Zestawienie na rys. 4 pomiarów parametrów w dobach lipcowych ujawnia wady przeprowadzanej kontroli przez służby energetyczne. Wykres punktowy nie świadczy o skutecznym zarządzaniu energią elektryczną w wymiarze dobowym. Wskaźniki charakteryzują się dużym zróżnicowaniem. Występuje zauważalnie więcej przypadków niepoprawnej oceny zapotrzebowania na nośniki energetyczne w konfrontacji z poziomem produkcji. Zmienność miesięczna miar punktowych wizualizuje braki w racjonalnej ocenie poprawności prowadzonej gospodarki energetycznej na bieżąco.

3. OCENA STRUKTURY WSKAŹNIKÓW PUNKTOWYCH

Poszczególne wyniki obliczonych wskaźników różnią się między sobą wartościami z wielu przypadkowych przyczyn. Podsumowując odzwierciedloną zmienność wskaźników punktowych na wykresach od rys. 1 do rys. 4 można założyć, że brak stabilizacji wynika

z przyczyn, które nie są do wyeliminowania przy tak zagregowanej bazie danych. Użyteczność danych pomiarowych do bieżącej kontroli powinna zatem ograniczać się do odpowiedzi na zasadnicze pytanie: które z zauważalnych różnic można traktować jako przypadkowe, a które są wynikiem zaniedbań w prowadzonej gospodarce energetycznej?

Rozrzut wskaźników punktowych określa się za pomocą badania ich zbiorowości tradycyjnymi miarami zróżnicowania. Przedstawiona w tej części ocena dyspersji odbędzie się przy wykorzystaniu miar klasycznych i pozycyjnych. Miary klasyczne są obliczane na podstawie informacji o wszystkich jednostkach, przez co stanowią wypadkową różnicę w poziomie badanych wskaźników. Pozycyjne odnoszą się natomiast do różnicy tylko dwóch wartości cechy, zajmujących w szeregu uporządkowanych danych szczególną pozycję.

Punktem odniesienia w ocenie rozproszenia za pomocą miar klasycznych jest średnia arytmetyczna. Za podstawę do obliczeń tej najpopularniejszej miary przeciętnego poziomu wskaźników statycznych przyjęto następującą zależność:

$$\overline{w_r^d} = \frac{\sum_{i=1}^p w_i^d}{p} \quad (4)$$

gdzie:

$\overline{w_r^d}$ – średnia roczna wskaźników dobowych, kWh/j.nat.,

w_i^d – i-ty dobowy wskaźnik zużycia energii elektrycznej przez dział na jednostkę naturalną produkcji, kWh/j.nat.,

p – liczba opomiarowanych dni w roku.

Stopień decentralizacji danych ilorazowych oceniono wyznaczając w pierwszej kolejności wariancję czyli średnie arytmetyczne z kwadratów odchyłeń wartości wskaźników od średniej arytmetycznej wg wzoru:

$$(s_r^{w^d})^2 = \frac{\sum_{i=1}^p (w_i^d - \overline{w_r^d})^2}{p} \quad (5)$$

gdzie:

$(s_r^{w^d})^2$ – wariancja wskaźników dobowych odniesionych do średniej rocznej wskaźników dobowych, (kWh/j.nat.)²,

Wstępne obliczenie wariancji ze wzoru (5) umożliwiło określenie odchyłeń standardowych, liczonych z założenia zgodnie z zależnością:

$$s_r^{w^d} = (s_r^{w^d})^2 \quad (6)$$

gdzie:

$s_r^{w^d}$ – odchylenie standardowe wskaźników dobowych odniesione do średniej rocznej wskaźników dobowych, kWh/j.nat.

To właśnie interpretacja średniej z odchyłeń zaobserwowanych wartości wskaźników od średniej arytmetycznej stanowi podstawę do oceny ich rozrzutu względem obliczonej wartości wzorcowej. Odniesienie wielkości odchylenia standardowego do średniej arytmetycznej na podstawie wzoru

$$V(s_r^{w^d}) = \frac{s_r^{w^d}}{w_r^d} 100 \quad (7)$$

gdzie:

$V(s_r^{w^d})$ – współczynnik zmienności zróżnicowania wskaźników dobowych w zbiorowości rocznej, %.

pozwala ocenić natężenie zróżnicowania badanych wyznaczników w rozważanej zbiorowości. Wyznaczona w ten sposób wartość współczynnika zmienności świadczy o tym czy badana zbiorowość jest jednorodna (wynik bliski zeru), czy tym bardziej zróżnicowana im wyższy wynik.

Ocena dopasowania klasycznej analizy wskaźnikowej do określania na bieżąco poziomu zużywanej energii nie może mieć miejsca bez zastosowania w obliczeniach jednej z najważniejszych miar położenia. W tym konkretnym przypadku autorka zdecydowała się wyznaczyć dla każdego analizowanego okresu charakterystykę zmienności wskaźników w postaci mediany. Prezentacja wartości znajdującej się w połowie rozkładu najbardziej umożliwi ocenę położenia poszczególnych jednostek w rozkładzie. Wyznaczając medianę w szeregu szczegółowym wskaźników punktowych należało przyporządkować obserwacje według rosnących wartości cechy i wskazać obserwację środkową.

Analiza przydatności wyliczonych wskaźników okazała się nieodpowiednia do realizacji bieżącej kontroli zużycia nośników. Udowodnienie tego postulatu w rozdziale 2 skłoniło do rozbudowania rozumowania na podstawie wykresów o wnioskowanie statystyczne.

4. WNIKI ROZRZUTU WSKAŹNIKÓW

Skonstruowanie wybranych miar statystycznych pozwoliło podsumować słusność wyboru metody wskaźnikowej do ich aktualnej kontroli. Zebranie informacji o rozkładzie wskaźników umożliwiło zatem ocenę potencjału wykorzystania analizy klasycznej do bieżącego nadzoru nad procesami energetycznymi.

Ocenę dyspersji wyliczonych wskaźników rozpoczęto od analizy wyników dobowych w ujęciu rocznym. Opierając się na zestawieniu zmienności rocznej wskaźników dobowych (rys. 1) wyznaczono w pierwszej kolejności globalną wartość wskaźników dobowych czyli średnią arytmetyczną.

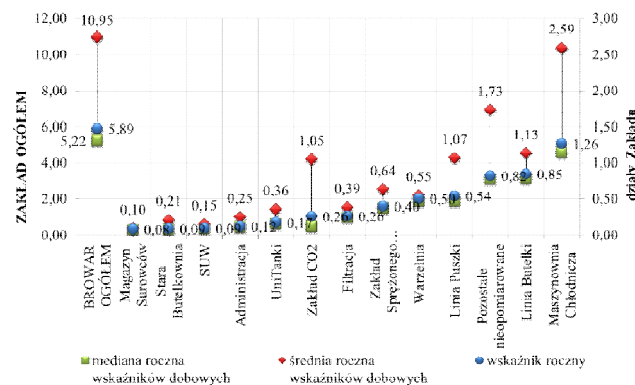
Wyliczona na podstawie zależności (4) średnia arytmetyczna przedstawia liczbowo miejsca największej koncentracji obserwowanych całorocznie wskaźników dobowych. Uwzględnienie wszystkich rocznych obserwacji poziomu wskaźników dobowych umożliwiło wyliczenie średnich arytmetycznych dla całego zakładu produkcyjnego, jak również poszczególnych opomiarowanych odbiorów. Wyniki zestawiono w tab. 1.

Tabela 1

Wyniki rocznych miar położenia oraz wskaźnika rocznego na podstawie danych dobowych

	Wskaźnik roczny	Mediana roczna wskaźników dobowych	Średnia roczna wskaźników dobowych
	w_r kWh/j.nat.	$Me_r^{w^d}$ kWh/ j.nat.	\bar{w}_r^d kWh/ j.nat.
ZAKŁAD OGÓŁEM	5,89	5,22	10,95
podział na działy Zakładu			
Magazyn Surowców	0,08	0,08	0,10
Stara Butelkownia	0,09	0,08	0,21
SUW	0,09	0,09	0,15
Administracja	0,12	0,11	0,25
UniTanki	0,17	0,16	0,36
Zakład CO ₂	0,26	0,12	1,05
Filtracja	0,26	0,24	0,39
Zakł. Spręż. Powietrza	0,40	0,37	0,64
Warzelnia	0,50	0,47	0,55
Linia Puszeki	0,54	0,47	1,07
Pozostałe nieopomiarowane	0,82	0,77	1,70
Linia Butelki	0,85	0,78	1,13
Maszynownia Chłodnicza	1,26	1,14	2,59

Prezentując wyniki miar rocznych na rys. 5 autorka wskazała, które odbiory charakteryzują się największą zmiennością wskaźników dobowych w ciągu roku.



Rys. 5. Zróżnicowanie poziomu wskaźnika rocznego oraz klasycznych miar położenia wyznaczonych na podstawie obserwacji rocznej wskaźników dobowych dla Zakładu Ogółem oraz wyodrębnionych działów

Odniesienie poziomu średnich i wskaźników rocznych do osi pomocniczej dla opomiarowanych odbiorów pokazuje w praktycznie każdym przypadku ewidentne różnice. Wielkość różnic pomiędzy tymi miarami wynika z występowaniem dobowych wartości skrajnych. Wykorzystując podstawowe atrybuty średniej i mediany należy zwrócić w pierwszej kolejności uwagę na Zakład CO₂. W przypadku tego odbioru obliczona średnia roczna na poziomie 1,05 kWh/hl przewyższa wskaźnik roczny 0,26 kWh/hl o ponad 400%.

5. PODSUMOWANIE

Znajomość miar statystycznych pozwala wykryć obecność stanów nietypowych na podstawie danych historycznych. Chcąc wykorzystać te wiadomości w bieżącej kontroli poziomu zużycia nośników wymagane jest uwzględnienie podstawowych słabości tego typu analiz wynikających przede wszystkim z czasu ich realizacji. Przeprowadzenie wnikliwej analizy statystycznej wykonywane jest po realizacji procesów technologicznych. Bazując na zgromadzonych pomiarach w przeszłości nie ma bieżącego dostępu do danych obejmujących:

- identyfikację nadmiernych odchyłek poprzez kontrolowanie różnic pomiędzy rzeczywistym a przewidywanym zużyciem energii,
- obliczanie różnic pomiędzy obserwowanymi wielkościami,
- odnalezienie realnych przyczyn występujących wartości skrajnych.

Niemożliwe jest zatem reagowanie na zmiany w czasie rzeczywistym. Prawidłowo przeprowadzany nadzór procesów energochłonnych na bieżąco wiąże się z ciągłą obserwacją wyników. Daje szansę szybkiej ingerencji w procesy produkcyjne eliminując niepokojące stany.

Przeprowadzone analizy wykazują, że w bieżącej analizie dobowych wskaźników energetycznych posługiwanie się wskaźnikami rocznymi lub miesięcznymi jako wartościami porównawczymi nie jest skuteczne. Jako wartość porównawcza nie może też być zastosowana wartość średnia wskaźników dobowych ani mediana z danych historycznych. We wszystkich przypadkach rozrzut wartości dobowych wokół wartości porównawczej jest zbyt duży.

LITERATURA

- [1] Bućko P.: *Kontrola wskaźników energetycznych w procedurach zarządzania użytkowaniem energii elektrycznej*. Rynek Energii nr 4, 2001.
- [2] Bućko P.: *Zarządzanie użytkowaniem energii poprzez kontrolę wskaźników energetycznych*. Gospodarka Paliwami i Energią nr 8, 2002.
- [3] Charun H.: *Podstawy gospodarki energetycznej*. Politechnika Koszalińska, Koszalin 2004.
- [4] Sadowska I.: *Metody analizy energochłonności w przemyśle*. Rozprawa doktorska. Politechnika Gdańska, Gdańsk 2015.

ASSESSMENT OF POSSIBILITY OF APPLICATION OF CLASSIC INDICATIVE METHOD TO ON-LINE ENERGY MANAGEMENT

Key words: energy management, energy economics

Summary. In the paper, the author presented the possibilities of using the classical index method for on-line energy management. Strengths and weaknesses of the use of static methods have been demonstrated. The classical ratio analysis proves limited capability in the detection of alarm states, which results mainly from the lack of information about the cause and effect relationships. The multitude of indicators can become a barrier to efficient use of them in the aspect of fast and precise evaluation of the process.

Izabela Sadowska, dr inż., adiunkt, Katedra Elektroenergetyki, Wydział Elektrotechniki i Automatyki, Politechnika Gdańska. e-mail: izabela.sadowska@pg.gda.pl

