

Wiesława MALSKA¹
Henryk WACHTA²

ZASTOSOWANIE DEKOMPOZYCJI SEZONOWEJ (CENSUS 1) W ANALIZIE SZEREGÓW CZASOWYCH I PROGNOZOWANIA W ENERGETYCE

W artykule zaprezentowano zastosowanie jednej z metod służących do analizy szeregów czasowych z trendem i sezonowością. Szereg czasowy jest jednym z rodzajów szeregów statystycznych, który można zdefiniować jako ciąg obserwacji pewnego zjawiska w kolejnych jednostkach czasu (latach, miesiącach, dobach, itp.). Rozważane zjawisko może podlegać pewnym prawidłowościom, których wykrycie i opis jest głównym celem analizy szeregów czasowych. W wielu przypadkach modele szeregów czasowych wykorzystywane są w celu wnioskowania o przyszłości badanego zjawiska (do prognozowania). W artykule przedstawiono zastosowanie metody wskaźników do analizy szeregów czasowych i prognozowania w odniesieniu do zagadnień energetyki. Otrzymane wyniki obliczeń mogą być przydatne w podejmowaniu decyzji i monitorowaniu funkcjonowania systemu elektroenergetycznego Polski pod kątem relacji mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych w odniesieniu do maksymalnego zapotrzebowania na moc w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym Polski. Wyniki obliczeń zaprezentowano z wykorzystaniem pakietu STATISTICA v. 10.0, wspomagającego analizę i obliczenia.

Słowa kluczowe: szereg czasowy, metoda wskaźników, dekompozycja sezonowa, prognozowanie, model Census 1.

¹ Autor do korespondencji: Wiesława Malska, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, 17 865 1974, wmalska@prz.edu.pl

² Henryk Wachta, Politechnika Rzeszowska, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów, 17 865 1977, hwachta@prz.edu.pl

1. Wstęp

Pierwszym krokiem wykonywanym podczas analizy szeregu czasowego jest wizualizacja danych. Zazwyczaj już na tym poziomie jesteśmy w stanie wyróżnić trend, czy wahania sezonowe. Celem dekompozycji szeregu czasowego jest oszacowanie i wyróżnienie części składowych szeregu. Wyróżnia się dwa matematyczne modele szeregów czasowych: model addytywny oraz model multiplikatywny. Do analizy szeregów z trendem oraz sezonowością służy metoda wskaźników. Jednym z etapów tej metody jest dekompozycja sezonowa. Dekompozycja sezonowa polega na wyodrębnieniu składowych szeregu czasowego (trendu, składowej sezonowej, składowej cyklicznej oraz losowej). Odbывается to za pomocą wykorzystania odpowiedniego algorytmu opartego na zastosowaniu filtra średnich ruchomych [6]. W metodzie Census 1, składowe cykliczne i sezonowe zostają połączone w składnik wahań długookresowych i trendu.

Dekompozycja sezonowa Census 1 przebiega w kilku etapach. Pierwszym etapem jest obliczenie średniej ruchomej o długości równej okresowi wahań. Następnym działaniem jest obliczenie wskaźników sezonowych. Oblicza się je jako średnią dla modelu addytywnego bądź średnią środkową dla modelu multiplikatywnego dla każdego punktu w sezonie [5, 7, 16]. W celu eliminacji wahań sezonowych należy od pierwotnego szeregu odjąć wskaźnik sezonowości (przy modelu addytywnym), lub podzielić przez wskaźnik sezonowości (przy modelu multiplikatywnym). Aby wyznaczyć składową długookresową i trend należy aproksymować pięciowyrzową ważoną średnią ruchomą. Ostatni składnik szeregu czasowego, składnik nieregularny zostaje wyznaczony po odjęciu lub podzieleniu składowej długookresowej oraz trendu z szeregu skorygowanego sezonowo.

2. Zastosowanie prognozowania w energetyce

Prognozowanie jest jednym z czynników wspomagających podejmowanie decyzji. Umiejętność budowy prognoz ma duże znaczenie dla zarządzania strategicznego i zarządzania operacyjnego w energetyce [1, 8].

W przypadku zarządzania strategicznego bardzo przydatne są prognozy długookresowe (o dużym horyzoncie czasowym). Natomiast w przypadku zarządzania operacyjnego duże znaczenie ma wiedza na temat najbliższej przyszłości. Specyficzną cechą zapotrzebowania na energię elektryczną jest duża zmienność jego poziomu w czasie. Zmienność ta jest charakteryzowana przez rytmy: roczny, miesięczny, tygodniowy i dobowy, w których wahania poziomu popytu zmieniają się w krótkim czasie o kilkadziesiąt procent. Te cechy wymuszają częsty pomiar wielkości zużycia energii elektrycznej, a także jej dokładną analizę i ocenę zapotrzebowania na energię elektryczną. Rynek energii elektrycznej jest dziedziną gospodarki, w której role badania i prognozowania wytwarzania i popytu

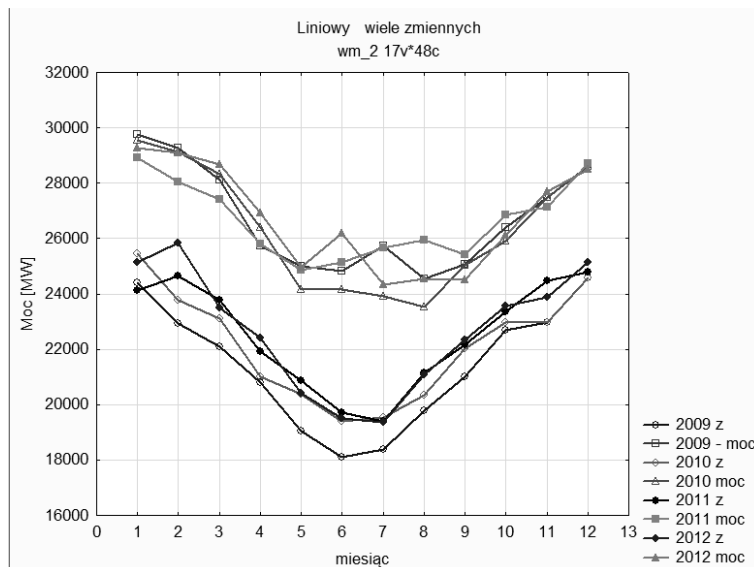
są duże, a jakość otrzymywanych wyników ma bezpośrednie przełożenie na realną sytuację firm zaangażowanych w produkcję, przesył lub obrót energią elektryczną. W tym kontekście nabierają znaczenia poszukiwania narzędzi prognostycznych (odpowiednich programów komputerowych), które mają wspomagać prognozowanie [13,14]. Bezpieczeństwo dostarczania paliw i energii stanowi podstawowy filar bezpieczeństwa energetycznego. Bezpieczeństwo to zostało zdefiniowane w dokumencie *Polityka energetyczna Polski do 2030 r.*, jako zapewnienie stabilnych dostaw paliw i energii na poziomie gwarantującym zaspokojenie potrzeb krajowych i po akceptowanych przez gospodarkę i społeczeństwo cenach, przy założeniu optymalnego wykorzystania krajowych zasobów surowców energetycznych oraz poprzez dywersyfikację źródeł i kierunków dostaw ropy naftowej, paliw ciekłych i gazowych. Poziom bezpieczeństwa energetycznego zależy od wielu czynników. Ich znaczenie dla zrównoważenia popytu i podaży na energię i paliwa zależy zarówno od wewnętrznych czynników danego kraju, jak i od sytuacji na rynkach światowych. Ważnym elementem jest zróżnicowanie struktury nośników energii tworzących bilans krajowy, stopień zdwersyfikowania źródeł dostaw, stan techniczny i sprawność urządzeń i instalacji systemów przesyłania oraz dystrybucji paliw i energii [10, 11].

Z oczywistych względów wszystkie tego rodzaju elementy stanowią przedmiot szeroko pojętego monitoringu bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, warunkującego podjęcie stosownych działań o charakterze regulacyjnym. Monitorowanie bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i gazu jest jednym z zadań Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki Rzeczypospolitej Polskiej.

3. Model Census 1 w programie STATISTICA

Przykładem wykorzystania metody wskaźników są dane zaczerpnięte z Raportu Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki dotyczące mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych i maksymalne zapotrzebowanie mocy w wieczornym szczycie na moc w wartościach średnich z dni roboczych w poszczególnych miesiącach w latach 2009-2012 [11]. Bezpieczeństwo elektroenergetyczne zależy od możliwości zaspokojenia zapotrzebowania szczytowego na energię elektryczną i jej moc, a także bieżącej i przyszłej struktury zużycia paliw w procesie wytwarzania energii elektrycznej. W toku monitorowania bezpieczeństwa szczególną rolę odgrywa adekwatność (wystarczalność) wytwarzania energii elektrycznej, bezpieczeństwo operacyjne systemu elektroenergetycznego i dyspozycyjność urządzeń. Zgodnie z wartością referencyjną zawartą w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej (zgodnie z ustawą „Prawo energetyczne” z 10 kwietnia 1997r. wraz z późniejszymi nowelizacjami i rozporządzeniami Ministra Gospodarki), ustalona jest rezerwa operacyjna na poziomie 9% (stosunek mocy dyspozycyjnej do zapotrzebowania na moc w godzinach szczytowych w dniach roboczych).

Na rys. 1. przedstawiono wykres mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych i maksymalnego zapotrzebowania mocy w wieczornym szczycie na moc w wartościach średnich z dni roboczych w miesiącu obejmujący lata 2009-2012 [11].

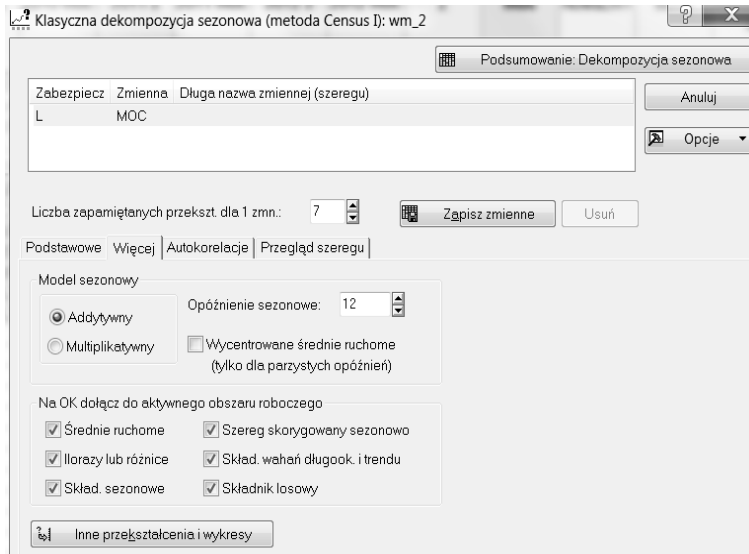


Rys. 1. Moc dyspozycyjna elektrowni krajowych i maksymalne zapotrzebowanie mocy w wieczornym szczycie na moc w wartościach średnich z dni roboczych w miesiącu w latach 2009-2012 [11] (skrót z- zapotrzebowanie)

Fig. 1. Available power of domestic power plants and the maximum power demand during the evening peak hours shown as average values from all working days of a month in the years 2009–2012

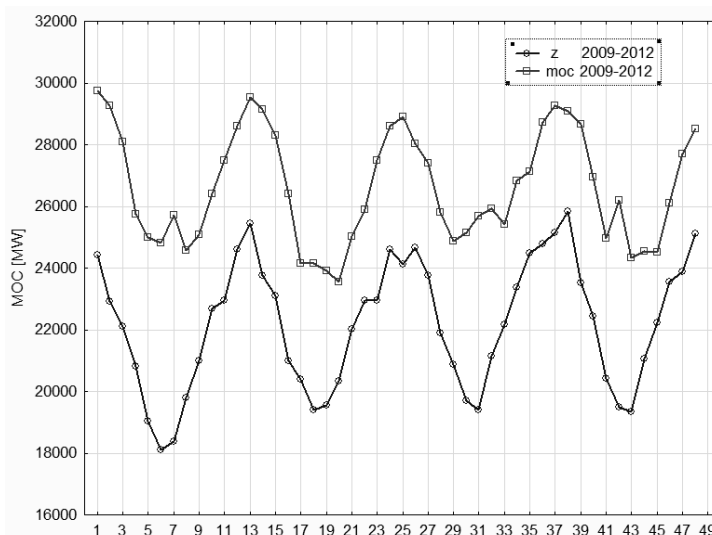
Na rys. 2 przedstawiono widok karty *Więcej/Klasyczna dekompozycja sezonowa (metoda Census 1)*, na której jest możliwość wykonania dekompozycji sezonowej (Census 1) dla wybranych zmiennych. Szereg empiryczny dla mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych i maksymalnego zapotrzebowania mocy w wieczornym szczycie na moc w wartościach średnich z dni roboczych w miesiącu w latach 2009 -2012 przedstawiono na rys. 3 [11].

Rysunek 4 przedstawia wykres wahań sezonowych mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych, a rysunek 5 szereg empiryczny i szereg skorygowany po usunięciu składnika sezonowości dla mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych.



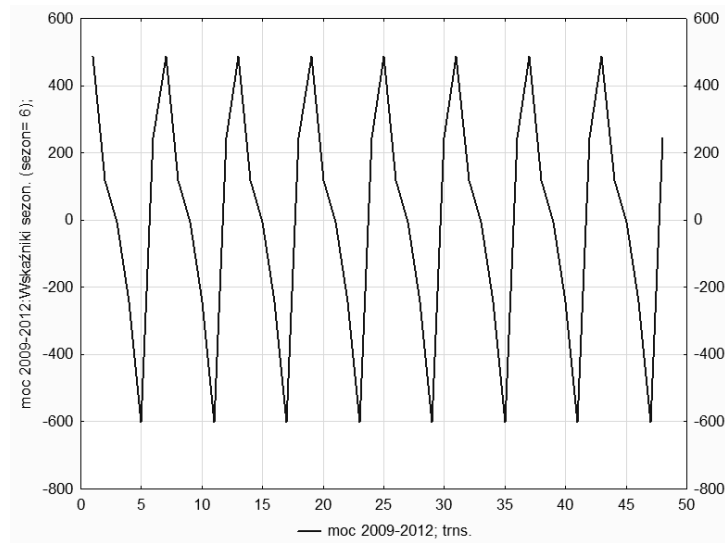
Rys. 2. Widok karty Więcej/Klasyczna dekompozycja sezonowa (metoda Census I)

Fig. 2. View of card More / Classical Seasonal Decomposition (Method Census 1)



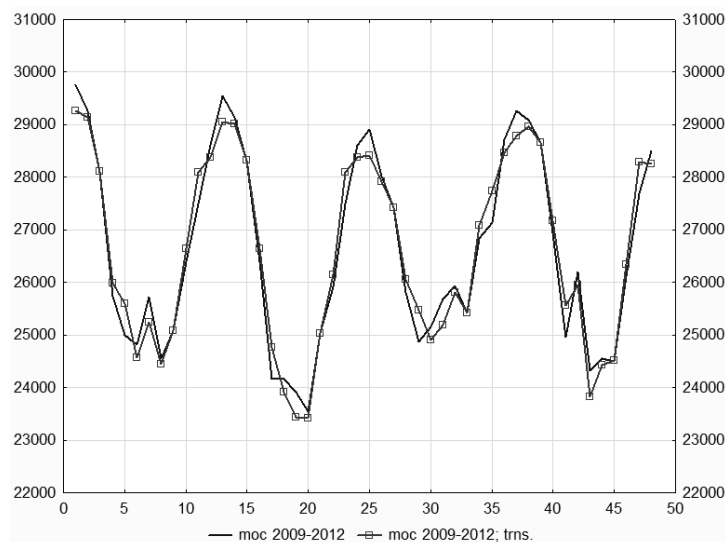
Rys. 3. Szereg empiryczny: moc dyspozycyjna elektrowni krajowych i maksymalne zapotrzebowanie mocy w wieczornym szczycie na moc w wartościach średnich z dni roboczych w miesiącu w latach 2009 -2012 [11]

Fig. 3. Empirical series: available power of domestic power plants and the maximum power demand during the evening peak hours shown as average values from all working days of a month in the years 2009–2012 [11]



Rys. 4. Wykres wahań sezonowych – moc dyspozycyjna elektrowni krajowych w latach 2009-2012

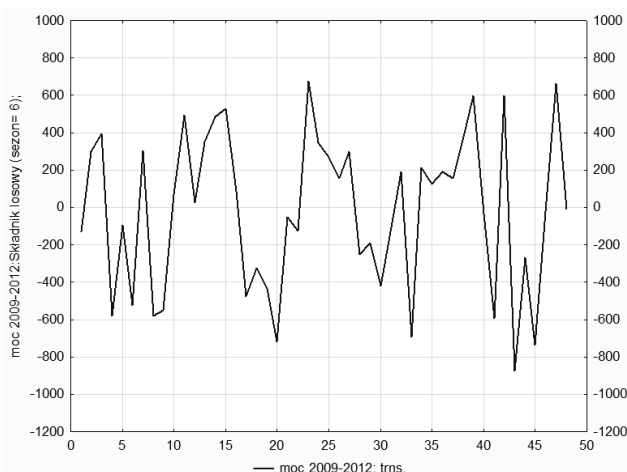
Fig. 4. A plot of seasonal fluctuations — available power of domestic power plants in the years 2009–2012



Rys. 5. Wykres szeregu empirycznego i szeregu skorygowanego po usunięciu składnika sezonowości – moc dyspozycyjna elektrowni krajowych

Fig. 5. A plot of the empirical series and the adjusted series after removing the seasonality component — available power of domestic power plants

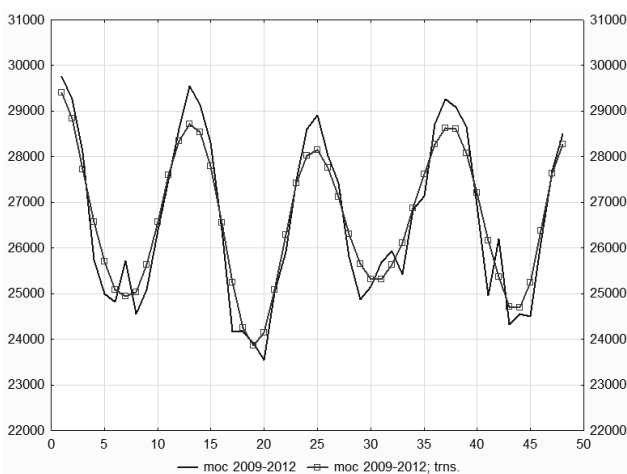
Na rysunku 6 przedstawiono składnik losowy dla mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych.



Rys. 6. Wykres składnika losowego – moc dyspozycyjna elektrowni krajowych

Fig. 6. A plot of the random component — available power of domestic power plants

Na rys. 7 przedstawiono szereg empiryczny i szereg wygładzony po usunięciu składnika sezonowości i składnika losowego - moc dyspozycyjna elektrowni krajowych.



Rys. 7. Szereg empiryczny i szereg wygładzony po usunięciu składnika sezonowości i składnika losowego - moc dyspozycyjna elektrowni krajowych

Fig. 7. The empirical series and the smoothed series after removing the seasonality component and the random component — available power of domestic power plants

W analogiczny sposób można przeprowadzić analizę dla maksymalnego krajowego zapotrzebowania mocy, wykorzystując w tym celu także środowisko pakietu STATISTICA.

Celem analizy dla wybranych wielkości jest konstrukcja i wykonanie prognozy dla następnego roku (dla kolejnych 12 miesięcy). W tabeli I przedstawiono prognozy dla maksymalnego krajowego zapotrzebowania mocy i mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych na kolejny rok kalendarzowy 2013.

TABELA I. Prognoza dla: a) maksymalnego krajowego zapotrzebowania mocy, b) mocy dyspozycyjnej elektrowni krajowych

TABLE I. A forecast for: (a) maximum domestic power demand, (b) available power of domestic power plants

	a)					b)			
	1 zap. sezon.-p	2 zap. wygladz.- p	3 zap. losowy-p	4 zap. prognoza		1 moc sezon -p.	2 moc wygladz. - p.	3 moc losowy - p.	4 moc - prognoza
1	-289,823	25047,490	377,933	25135,6	1	488,065	28621,77	157,166	29267
2	392,201	24522,901	929,599	25844,7	2	116,925	28602,55	360,822	29080,3
3	449,517	23412,633	-356,451	23505,7	3	-5,716	28069,96	596,457	28660,7
4	208,635	22183,943	32,622	22425,2	4	-242,437	27214,23	-36,294	26935,5
5	-371,799	21025,411	-243,811	20409,8	5	-602,121	26164,35	-595,526	24966,7
6	-388,730	20374,078	-496,348	19489	6	245,284	25365,01	595,408	26205,7
7	-289,823	20287,735	-648,611	19349,3	7	488,065	24704,99	-875,457	24317,6
8	392,201	20899,623	-224,123	21067,7	8	116,925	24696,91	-267,734	24546,1
9	449,517	21919,622	-135,439	22233,7	9	-5,716	25245,27	-736,954	24502,6
10	208,635	23142,010	203,755	23554,4	10	-242,437	26371,70	-23,160	26106,1
11	-371,799	24366,765	-124,366	23870,6	11	-602,121	27634,96	662,563	27695,4
12	-388,730	24979,142	532,988	25123,4	12	245,284	28266,59	-7,772	28504,1

4. Podsumowanie

Zaprezentowany w artykule przykład wykorzystania metody wskaźników Census 1 do analizy szeregów czasowych może być wykorzystany w energetyce (gospodarce elektroenergetycznej) do prognozowania. Konkretna wartość liczbowa, będąca wynikiem procesu prognozowania (predykcji) jest prognozą. Natomiast okres, na który prognozujemy tzw. horyzont prognozy zależy od zmiennej objaśnianej. Prognozowanie jest praktycznym wykorzystaniem metod i modeli, które dostępne są w narzędziach informatycznych wspomagających często procesy gospodarcze. Metoda wskaźników służy do analizy szeregów czasowych z trendem i sezonowością. Można tą metodę podzielić na dwa etapy. Etap 1, w którym następuje dekompozycja, czyli wyodrębnienie trendu, sezonowości i wahań losowych (wahań przypadkowych). W etapie 2 wyznacza się prognozę poprzez ekstrapolację tendencji (trendu) i korektę wskaźnikiem sezonowości. Konkretna wartość liczbowa, będąca wynikiem procesu prognozowa-

nia (predykcji) jest prognozą [7, 9]. Prognozowanie jest praktycznym wykorzystaniem metod i modeli, które dostępne są w narzędziach informatycznych (programach komputerowych) wspomagających często procesy gospodarcze. Prognozowanie z wykorzystaniem szeregów czasowych z wykorzystaniem metody wskaźników (modelu Census 1) – jest tylko przykładem na wykorzystanie modelu do zagadnień związanych z prognozowaniem. Dalsze prace powinny wiązać się z wyznaczaniem błędów prognoz *ex ante* (przed „faktem”) i *ex post* (po „fakcie”). Resumując znajomość przebiegu szeregu czasowego określonego zjawiska lub procesu służy dwóm celom: opisowi przeszłości i prognozowaniu.

Literatura

- [1] Luszniewicz A., Słaby T., Statystyka z pakietem komputerowym STATISTICA PL, Wydawnictwo Beck, Warszawa, 2008
- [2] Starzyńska W., Statystyka praktyczna, PWN, Warszawa, 2005
- [3] Stanisławek J., Podstawy statystyki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010
- [4] Ostasiewicz W., Myślenie statystyczne, Oficyna a Wolters Kluwer business, Warszawa, 2012
- [5] Nowak E., Prognozowanie gospodarcze, Agencja Wydawnicza PLACET, Warszawa, 1998
- [6] Rabiej M., Statystyka z programem Statistica, Helion, 2012
- [7] Kot S., Jakubowski J., Sokołowski A., Statystyka, Wydawnictwo Difin, Warszawa, 2011
- [8] Sokołowski A., Analiza szeregów czasowych i prognozowanie, Statistica w badaniach naukowych i nauczaniu statystyki, Statsoft, Kraków 2010
- [9] www.statsoft.pl
- [10] tge.pl/pl/155/raporty-miesieczne, Urząd Regulacji Energetyki, Raporty Roczne Prezesa URE
- [11] <http://www.ure.gov.pl/pl/publikacje/raporty-dla-komisji-eu/3343>,
- [12] Nowak E., Prognozowanie gospodarcze. Metody, modele, zastosowania, przykłady. Agencja wydawnicza Placet, Warszawa, 1998
- [13] Cieślak M., Prognozowanie gospodarcze, metody i zastosowania, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2005
- [14] Snarska A., Statystyka, ekonometria, prognozowanie, Wydawnictwo Placet, Warszawa, 2005
- [15] Sobczyk M., Statystyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002
- [16] Box E. P., Jenkins G. M., Szeregi czasowe – analiza i prognozowanie, PWN, Warszawa, 1983
- [17] W. Malska: Zastosowanie metody wskaźników do analizy szeregów czasowych, „POSTĘPY W ELEKTROTECHNICE STOSOWANEJ”, Kościelisko, 16 -20 czerwca 2014r.
- [18] Wieczorkowska G., Wierziński J., Statystyka od teorii do praktyki, Wydawnictwo Naukowe SCHOLAR, Warszawa, 2013
- [19] Piłatowska M., Repetytorium ze statystyki, PWN, Warszawa, 2009

APPLICATION THE FACTORS METHOD (CENSUS 1) IN TIME SERIES ANALYSIS AND FORECASTING IN THE POWER INDUSTRY

Summary

The article presents the use of a method for the analysis of time series with trend and seasonality. Time series is one of the types of statistical series, which can be defined as a series of observations of a phenomenon in the following units of time (years, months, days of, etc.). Considered phenomenon may be subject to certain regularities, which detect and description is the main objective of the analysis of time series. In many cases, time series models are used to apply for the future of the studied phenomenon (to predict). This paper presents an application of the method of indicators to time series analysis and forecasting in relation to the energy sector. The results of calculations can be useful in making decisions and monitoring the functioning of the Polish power system in terms of the relationship of the national power available capacity for the maximum power demand in the Polish National Power System. The calculation results are presented using STATISTICA v. 10.0, supporting the analysis and calculation.

Keywords: time series, the method of indicators Seasonal Decomposition, forecasting, model Census 1

DOI: 10.7862/re.2015.4

Tekst złożono w redakcji: luty 2015

Przyjęto do druku: marzec 2015