

Krzysztof Nęcka
Katedra Energetyki Rolniczej
Akademia Rolnicza w Krakowie

ANALIZA SZEREGÓW CZASOWYCH OBCIĄŻEŃ ELEKTROENERGETYCZNYCH NA OBSZARACH WIEJSKICH

Streszczenie

W artykule przeprowadzono analizę zmienności obciążeń elektroenergetycznych w głównych punktach zasilania zlokalizowanych na obszarach wiejskich. Sporządzono wykresy zmienności obciążeń dla różnych interwałów szeregu czasowego (roczne, miesięczne i dobowe). Wyznaczono miary zmienności obciążenia, które są pomocne w rozpoznaniu charakteru zjawiska, jak również w identyfikowaniu danych nietypowych. W szczególności wyznaczono: współczynniki nierównomierności, wypełnienia i zmienności. Przeprowadzono również analizę sezonowości badanych szeregów czasowych.

Słowa kluczowe: obciążenie elektroenergetyczne, współczynnik zmienności, cykliczność

Wstęp

Przebieg obciążenia systemu elektroenergetycznego jest sumą obciążeń wywołanych przez poszczególnych odbiorców, którzy w sposób losowy w danej chwili czasowej załączają odbiorniki energii elektrycznej w celu realizacji określonych procesów produkcyjnych i potrzeb bytowo-komunalnych. Charakterystyczną cechą obciążeń elektroenergetycznych jest duża zmienność ich poziomu w czasie [Szmit 2004]. Cecha ta jest widoczna zarówno w długich przedziałach czasu, np. rocznych, jak również w okresach dobowych. Znajomość parametrów obrazujących zmienność obciążeń umożliwia identyfikowanie danych odstających, nietypowych, zakłóconych, rozpoznanie charakteru zjawiska jak również budowę optymalnego modelu prognozy.

Wraz z pojawieniem się na rynku nowoczesnej aparatury pomiarowo-rejestrującej stało się możliwe gromadzenie dużej ilości informacji w postaci graficznej, jak również tworzenie specjalistycznych baz danych o zmienności obciążenia w czasie. W celu analizy zjawisk opisanych dużą ilością pomiarów konieczne jest stosowanie pewnych miar charakteryzujących ten proces.

W literaturze spotyka się wiele różnych współczynników opisujących analizowane przebiegi szeregów czasowych, a wybór odpowiedniej metody jest

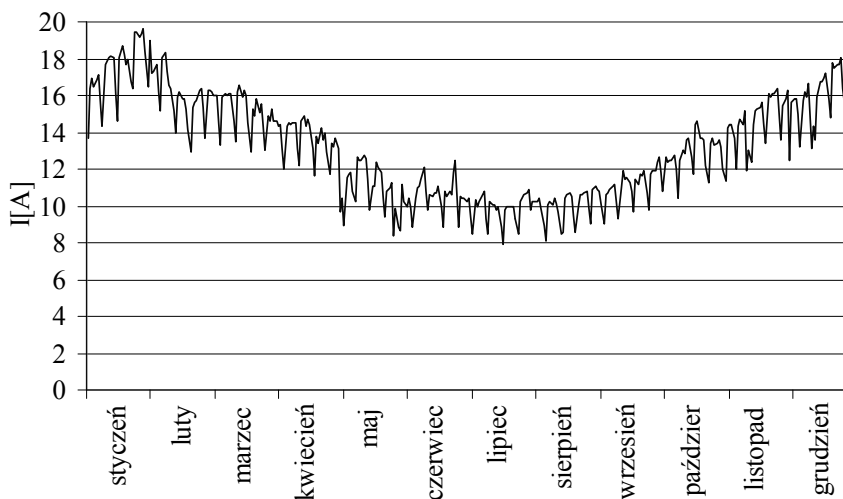
dokonywany ze względu na jej przeznaczenie. Do często wykorzystywanych należą między innymi: współczynnik nierównomierności k_n , współczynnik wypełnienia k_{wyp} i współczynnik zmienności V [Dudek 2004, Trojanowska 2003].

Celem pracy była analiza zmienności obciążeń systemu elektroenergetycznego z wykorzystaniem różnych metod, jak również analiza okresowości badanych szeregów czasowych i wyznaczenie dobowych, typowych grafik obciążeń.

Cel pracy zrealizowano na podstawie szeregów czasowych obciążeń elektroenergetycznych, wywołanych przez odbiorców zlokalizowanych na terenach wiejskich Polski południowej. Pomiaru zostały przeprowadzone przy użyciu specjalistycznych urządzeń mikroprocesorowych, przeznaczonych do ciągłego pomiaru i rejestracji danych obrazujących zmienność obciążenia w głównych punktach zasilania (GPZ) w okresie jednego roku. W badanych stacjach były zainstalowane transformatory o mocy 16 MVA każdy.

Wyniki pomiarów

W celu praktycznego wykorzystania zgromadzonej bardzo dużej ilości informacji o zmienności obciążeń elektroenergetycznych w okresie dobowym, tygodniowym i rocznym, na wstępie zastosowano pewne miary oceny tej zmienności. Szereg czasowy, stanowiący ciąg obserwacji obrazujący zmienność obciążenia elektroenergetycznego w okresie jednego roku, jest przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Roczna zmienność zapotrzebowania na energię elektryczną zarejestrowana w I głównym punkcie zasilania

Fig. 1. Yearly variability of electrical energy demand in selected main point of the power supply

Wyznaczenie współczynników nierównomierności k_n i wypełnienia k_{wyp}

Na podstawie miesięcznej zmienności obciążeń elektroenergetycznych obliczono według zależności (1) i (2), często stosowane w literaturze miary zmienności, które charakteryzują badane stacje w analizowanym okresie. Wyznaczono:

- współczynnik nierównomierności $k_n = I_{min}/I_{max}$, (1)
- współczynnik wypełnienia $k_{wyp} = I_{sr}/I_{max}$, (2)

gdzie:

I_{min} – minimalna wartość prądu średniej 10.minutowej, która wystąpiła w analizowanym okresie,

I_{max} – maksymalna wartość prądu średniej 10.minutowej, która wystąpiła w analizowanym okresie,

I_{sr} – średnia wartość prądu średniej 10.minutowej, która wystąpiła w analizowanym okresie.

W tabeli 1 zestawiono uzyskane wyniki, podając dla każdej stacji wartość minimalną, maksymalną i średnią współczynnika, jak również ich odchylenia standardowe.

Tabela 1. Wartości wybranych miar zmienności obciążeń badanych szeregów czasowych

Table 1. Values of selected measures of the loads' variability for studied time series

Wartość	Stacja I		Stacja II		Stacja III	
	k_n	k_{wyp}	k_n	k_{wyp}	k_n	k_{wyp}
Min	0,15	0,01	0	0,59	0,21	0,44
Max	0,42	0,65	0,45	0,75	0,43	0,69
Śr	0,30	0,55	0,21	0,67	0,34	0,61
Odch. st	0,07	0,17	0,19	0,05	0,07	0,07

Źródło: Obliczenia własne autora

Wyznaczenie współczynników zmienności miesięcznej i rocznej szeregów czasowych obciążeń

Do opisu zróżnicowania badanych szeregów czasowych wykorzystano procentowe współczynniki zmienności. Wyznaczono współczynniki zmienności miesięcznej $V_m = 100 \cdot \frac{S}{I_{sr}}$, przyjmując za I_{sr} średnią wartość prądu, ze śred-

nich 10.minutowych pomiarów w danym miesiącu, a za S odchylenia standardowe średniodobowych wartości prądów od wartości średniomiesięcznych. Natomiast współczynnik zmienności rocznej V_r , obliczono przyjmując za I_{sr} średnią wartość prądu ze średnich 10.minutowych pomiarów w roku,

a za S odchylenia standardowe średniodobowych wartości prądów od wartości średniorocznych.

Średnie wartości współczynników zmienności miesięcznej i rocznej obciążenia zarejestrowanego w poszczególnych stacjach oraz ich odchylenia standardowe przedstawiono w tabeli 2.

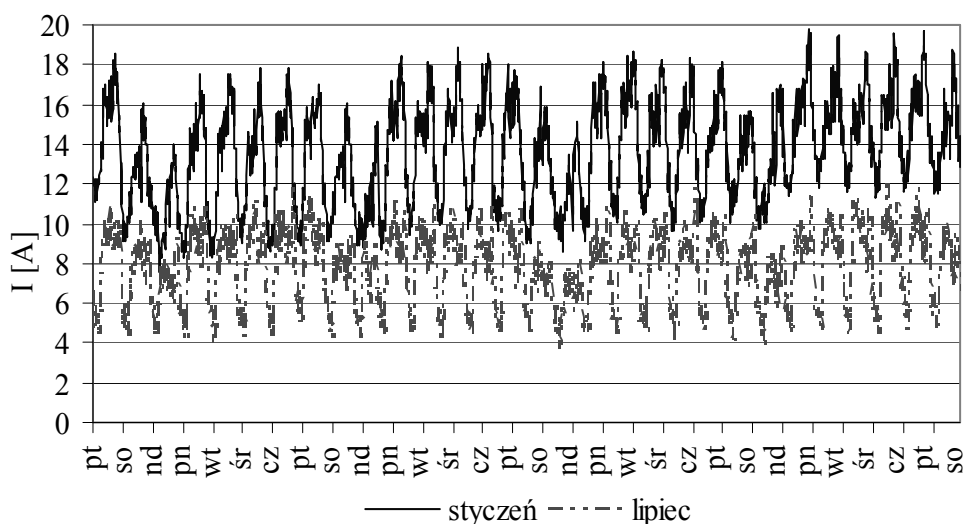
Tabela 2. Współczynniki zmienności obciążeń badanych szeregów czasowych
Table 2. Coefficients of changeability of loads studied temporary rows

	$\bar{V}_m(\%)$	$S_{V_m}(\%)$	$\bar{V}_r(\%)$
Stacja I	7,44	1,61	26,13
Stacja II	6,31	1,60	21,12
Stacja III	8,48	1,58	21,18

Źródło: Obliczenia własne autora

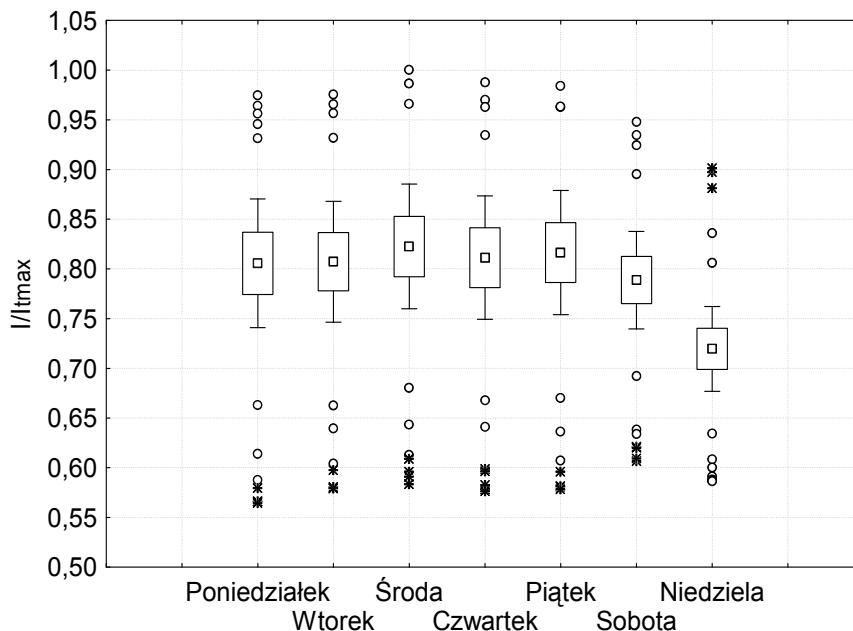
Analiza sezonowości obciążeń elektroenergetycznych

W przebiegu przedstawionym na rysunku 1 widoczne jest cykliczne występowanie szczytów obciążenia w miesiącach zimowych i zmniejszonego zapotrzebowania na energię elektryczną w miesiącach letnich. Przykładowy fragment szeregu czasowego obciążenia, zarejestrowany w głównym punkcie zasilania w styczniu (okres największego obciążenia systemu elektroenergetycznego) i w lipcu (okres najmniejszego obciążenia systemu), jest przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 2. Miesięczna zmienność obciążenia zarejestrowana w I głównym punkcie zasilania
Fig. 2. The monthly variability of load in selected main point of the power supply

Przeprowadzona analiza tygodniowej zmienności obciążeń wykazała istotne różnice w wielkości obciążenia pomiędzy dniami roboczymi a świątecznymi. Średnie dobowe obciążenia w dni robocze (rys. 3) różnią się między sobą o około 2% i są one jednocześnie wyższe o ponad 10% względem dni świątecznych.

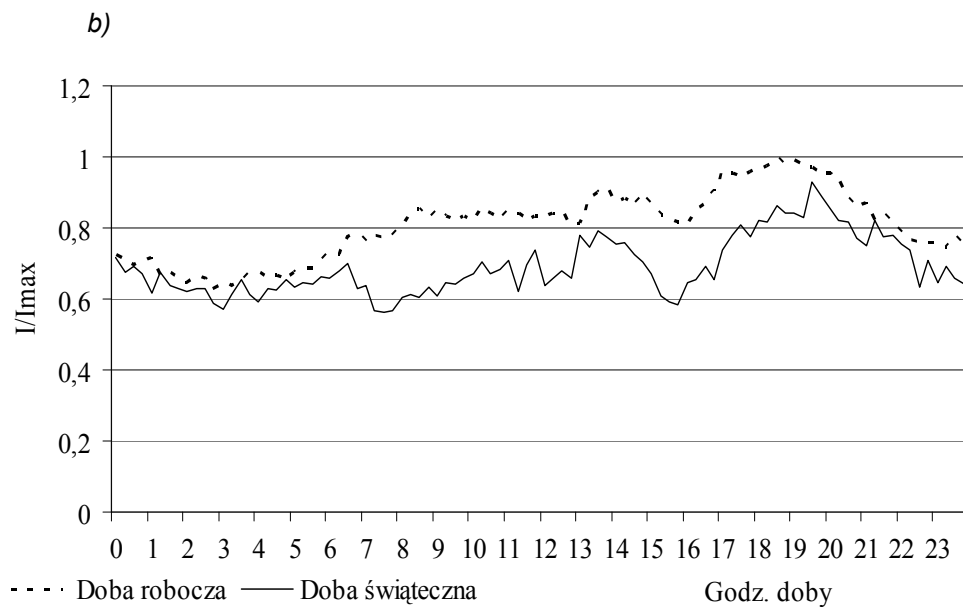
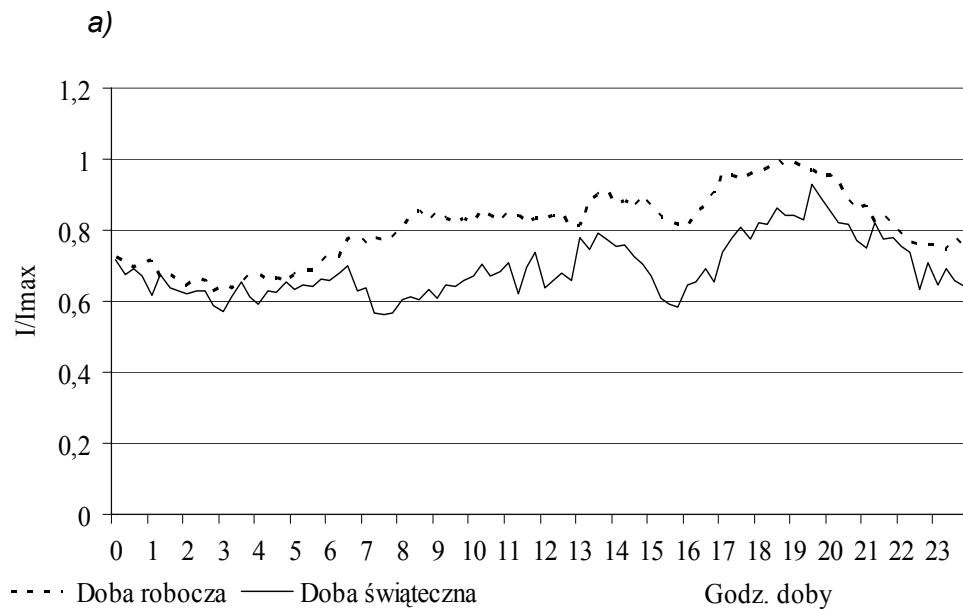


Rys. 3. Wykresy pudełkowe tygodniowej zmienności obciążeń w wybranym tygodniu okresu jesienno-zimowego

Fig. 3. Box diagrams of weekly variability of the loads in selected week of the autumn winter period

Rozkład tygodniowej zmienności obciążeń został zobrazowany wykresami pudełkowymi, po wcześniejszym zredukowaniu jego wartości, przyjmując za I średnią 10.minutową wartość prądu w danym momencie, a za I_{tmax} maksymalną średnią 10.minutową wartość prądu w danym tygodniu. Są one zbudowane na podstawie klasycznych miar położenia rozkładów. Wysokość pudełka jest ograniczona odchyleniem standardowym dla rozkładu średniej, natomiast jego „wąsy” informują, że w ich zakresie z prawdopodobieństwem 95% znajduje się średnia wartość obciążenia w danym dniu. Wewnątrz pudełka jest zaznaczony punkt odwzorowujący wartość średnią dla badanego interwału przebiegu.

Na podstawie przeprowadzonych analiz zmienności obciążeń sporządzono typowe dobowe grafiki obciążeń głównych punktów zasilania zlokalizowanych na obszarach wiejskich. Na rysunku 4 są przedstawione uproszczone, zredukowane wykresy obciążeń w kolejnych godzinach doby zimowej i letniej, z jednoczesnym podziałem na dni robocze oraz wolne od pracy.



Rys 4. Typowe grafiki obciążeń głównego punktu zasilającego dla doby: a) zimowej, b) letniej

Fig. 4. Typical load diagrams of a main supplying point for a) winter, b) summer days

Widoczna jest zmiana obciążenia systemu elektroenergetycznego związana z porą roku. W miesiącach zimowych obciążenie jest prawie dwukrotnie wyższe niż w letnich. Widoczne są również zmiany kształtu szeregu czasowego w zależności od długości dnia. Jest to widoczne w występowaniu wieczornego szczytu obciążenia, którego rozpoczęcie jest zgodnie z godziną zachodu słońca. Podobnej analogii nie można zaobserwować dla szczytu porannego, który niezależnie od pory roku występuje po godzinie 6.

Podsumowanie

Przeprowadzone analizy są bardzo pomocne przy wyborze odpowiedniego modelu prognostycznego, jak również w budowie optymalnego modelu prognozy. Z przeprowadzonej analizy wynika, że zasadne może się okazać budowanie prognozy zmienności obciążeń szczytowych tylko dla dni roboczych.

Wyznaczone w pracy wskaźniki zmienności obciążeń elektroenergetycznych mogą być również przydatne dla przedsiębiorstw zajmujących się dystrybucją energii elektrycznej w celu kontrolowania, czy wprowadzane zmiany przynoszą zamierzony efekt. Przy ich wykorzystaniu można również obserwować odstępstwa w szeregach czasowych, które są uznane za typowe dla danej grupy odbiorców.

W przebiegach czasowych godzinowej zmienności obciążeń można zauważyć, że wieczorny szczyt obciążenia na obszarach wiejskich pokrywa się ze szczytem obciążenia całego systemu elektroenergetycznego. Jest to zjawisko niekorzystne i należy dążyć do stworzenia preferencyjnych taryf zachęcających odbiorców wiejskich do korzystania z energii elektrycznej poza szczytem obciążenia.

Bibliografia

- Dudek G. 2004. Wybrane metody analizy szeregów czasowych obciążeń elektroenergetycznych. VII Konferencja naukowa nt. Prognozowanie w elektroenergetyce. Częstochowa-Poraj-Jastrząb 23-24 września, ss. 116-125
- Szmit A. 2004. Prognozowanie zapotrzebowania na energię elektryczną. Studium empiryczne dla regionu Łódzkiego [dostęp 11-02-2007]. Dostępny w Internecie: [http:// www.statsoft.pl](http://www.statsoft.pl)
- Trojanowska M. 2003. Wyznaczenie obciążeń wiejskich sieci niskiego napięcia. Inżynieria Rolnicza, 3: 359-365

Recenzent: Andrzej Chochowski