

Analiza dobowej, tygodniowej i rocznej zmienności obciążeń elektroenergetycznych w sieciach zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych

Streszczenie. W referacie przedstawiono analizę porównawczą zmienności obciążeń elektrycznych w sieciach SN zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych. Wyznaczono podstawowe wskaźniki oraz przedstawiono wykresy charakteryzujące zmienność obciążeń. Zaprezentowano także wyniki analizy zmienności $\cos \varphi$ w zależności od wartości pobieranej mocy czynnej. Analiza przeprowadzona została na podstawie pomiarów w sieciach SN o porównywalnym rocznym poborze energii. W badaniach wykorzystane zostały pakiety Matlab, Statistica i Excel.

Abstract. The paper presents a comparative analysis of the variability of electrical loads in MV networks supplying municipal and industrial customers. Basic indicators and character charts of load variability were identified and presented. The results of analysis of $\cos \varphi$ variation in depending on the value of active power absorbed were also presented. The analysis was based on measurements in MV networks with comparable annual energy consumption. The Matlab, Statistica and Excel packages were used in the studies. (Analysis of daily, weekly and annual load variability of electricity in power networks of communal and industrial customers).

Słowa kluczowe: sieci dystrybucyjne, zmienność obciążeń mocą czynną, zmienność poboru mocy bierniej, odbiorcy komunalni, odbiorcy przemysłowi

Keywords: distribution networks, load variability of active power, passive power consumption variation, communal receivers, industrial customers

Wstęp

Wiedza na temat zmienności obciążeń występujących dla różnych grup odbiorców energii elektrycznej jest bardzo istotna z punktu widzenia prawidłowego zarządzania i eksploatacji elektroenergetycznych sieci dystrybucyjnych. Regulacje prawne Unii Europejskiej oraz ustawodawstwo polskie nakładają na spółki dystrybucyjne obowiązek wprowadzenia standardowych profili obciążenia dla odbiorców zasilanych z sieci rozdzielczych średniego oraz niskiego napięcia. Profile te tworzone są dla sześciu charakterystycznych dób w roku: doby roboczej zimowej, doby roboczej letniej, doby roboczej wiosenno-jesiennej, doby świątecznej zimowej, doby świątecznej letniej i doby świątecznej wiosenno-jesiennej [3, 4, 8, 9].

Przebieg obciążenia systemu elektroenergetycznego oraz jego wydzielonych części (stacji, linii) jest skutkiem obciążeń wywołanych przez poszczególnych odbiorców, którzy w sposób losowy załączają odbiorniki energii elektrycznej w celu realizacji określonych procesów produkcyjnych i potrzeb bytowo-komunalnych. Charakterystyczną cechą obciążeń elektroenergetycznych jest ich duża zmienność w czasie. Zmiany te mogą być regularne lub przypadkowe. Zmiany regularne obciążenia są spowodowane czynnikami astronomicznymi, zwyczajami ludności lub innymi przyczynami, które są łatwe do przewidzenia. Zmiany przypadkowe zachodzą nieregularnie i są powodowane czynnikami losowymi, takimi jak: temperatura zewnętrzna, stan zachmurzenia, awarie w układzie elektroenergetycznym, itp. [2, 4].

Najbardziej znana jest dobową zmienność obciążeń, związana przede wszystkim z rytmem i intensywnością pracy ludzi w ciągu doby. Oprócz niej istnieją także inne charakterystyczne zmienności obciążeń, jak tygodniowa, miesięczna i roczna [2, 4].

W niniejszym referacie autor przedstawił rezultaty analizy porównawczej zmienności obciążeń w ciągach liniowych średniego napięcia zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych. Rozważono linie o zbliżonej rocznej ilości pobieranej energii. Dane empiryczne, które posłużyły do analizy obejmują średnie 15-minutowe wartości mocy czynnych P oraz mocy biernych Q pobieranych przez linie elektroenergetyczne z GPZ-ów. W celu uzyskania wskaźników, które będą możliwe do porównania, analizie poddano przede wszystkim wartości względne charakteryzujące zmienność obciążenia.

Znajomość parametrów obrazujących zmienność obciążeń elektroenergetycznych umożliwia identyfikowanie stanów nietypowych, zakłóceń, rozpoznanie charakteru występującego w sieci zjawiska, jak również budowę optymalnego modelu prognozy [1, 5].

Dobowa zmienność obciążeń

Na dobową zmienność obciążeń ma wpływ przede wszystkim rytm i aktywność życiowa ludzi. W sposób wyraźny zaobserwować można także wpływ sezonowości na przebieg poboru mocy w ciągu doby [2, 4, 5].

W literaturze spotyka się wiele różnych współczynników opisujących zmienność obciążenia, a wybór odpowiednich jest dokonywany ze względu na ich przeznaczenie. Najczęściej wykorzystywanymi, podstawowymi wskaźnikami do scharakteryzowania dobowej zmienności obciążeń są: energia dobową A_d , dobową moc szczytową P_{ds} , dobową moc średnią P_{dsr} , dobową moc obciążenia podstawowego P_{do} , średni dobowy stopień obciążenia m_d , dobowy stopień wyrównania obciążenia podstawowego l_{do} , dobowy stopień obciążenia podstawowego m_{do} , dobowy szczytowy stopień wyrównania l_{ds} , dobowy współczynnik nierównomierności k_{dn} oraz dobowy czas użytkowania mocy szczytowej T_{ds} . Powyższe wskaźniki wyznaczane są z zależności [2, 4]:

$$\begin{aligned} (1) \quad A_d &= \int_0^{T_d} P_{at} dt \\ (2) \quad P_{dsr} &= \frac{A_d}{T_d} = \frac{1}{T_d} \cdot \int_0^{T_d} P_{at} dt \\ (3) \quad m_d &= \frac{P_{dsr}}{P_{ds}} = \frac{A_d}{P_{ds} \cdot T_d} \\ (4) \quad l_{do} &= \frac{P_{do}}{P_{dsr}} = \frac{P_{do} \cdot T_d}{A_d} \\ (5) \quad m_{do} &= \frac{P_{do}}{P_{ds}} \\ (6) \quad l_{ds} &= \frac{P_{ds}}{P_{dsr}} = \frac{P_{ds} \cdot T_d}{A_d} \\ (7) \quad k_{dn} &= \frac{P_{do}}{P_{ds}} \\ (8) \quad T_{ds} &= \frac{A_d}{P_{ds}} = \frac{P_{dsr} \cdot T_d}{P_{ds}} \end{aligned}$$

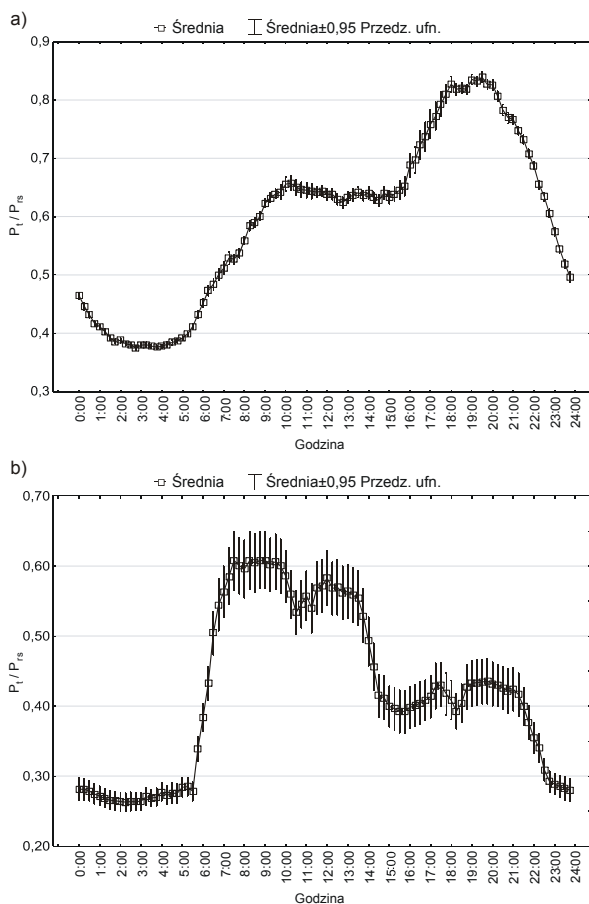
gdzie: T_d – czas trwania doby ($T_d = 24$ h).

Średnie wartości powyższych współczynników, wyznaczone dla analizowanych sieci SN, zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Średnie parametry i współczynniki charakteryzujące dobową zmienność obciążeń sieci elektroenergetycznych SN zasilających odbiorców komunalnych (OK) oraz przemysłowych (OP)

Parametr	Doba robocza zimowa		Doba robocza wiosenno - jesienna		Doba robocza letnia		Doba świąteczna zimowa		Doba świąteczna wiosenno - jesienna		Doba świąteczna letnia	
	OK	OP	OK	OP	OK	OP	OK	OP	OK	OP	OK	OP
A_d [MW·h]	762,92	686,59	696,69	684,22	586,96	522,79	701,48	332,44	588,67	253,60	520,02	177,06
P_{ds} [MW]	53,30	64,07	52,34	68,02	42,07	48,16	50,14	20,75	41,85	22,56	38,35	9,96
P_{dsr} [MW]	31,79	28,61	29,03	28,51	24,46	21,78	29,23	13,85	24,53	10,57	21,67	7,38
P_{do} [MW]	14,44	7,22	14,43	5,41	10,12	3,36	17,14	8,12	9,02	4,51	8,77	5,47
m_d [-]	0,60	0,45	0,55	0,42	0,58	0,45	0,58	0,67	0,59	0,47	0,56	0,74
m_{do} [-]	0,27	0,11	0,28	0,08	0,24	0,07	0,34	0,39	0,22	0,20	0,23	0,55
l_{do} [-]	0,45	0,25	0,50	0,19	0,41	0,15	0,59	0,59	0,37	0,43	0,40	0,74
l_{ds} [-]	1,68	2,24	1,80	2,39	1,72	2,21	1,72	1,50	1,71	2,13	1,77	1,35
k_{dn} [-]	0,27	0,11	0,28	0,08	0,24	0,07	0,34	0,39	0,22	0,20	0,23	0,55
T_{ds} [h]	14,31	10,72	13,31	10,06	13,95	10,86	13,99	16,02	14,07	11,24	13,56	17,78

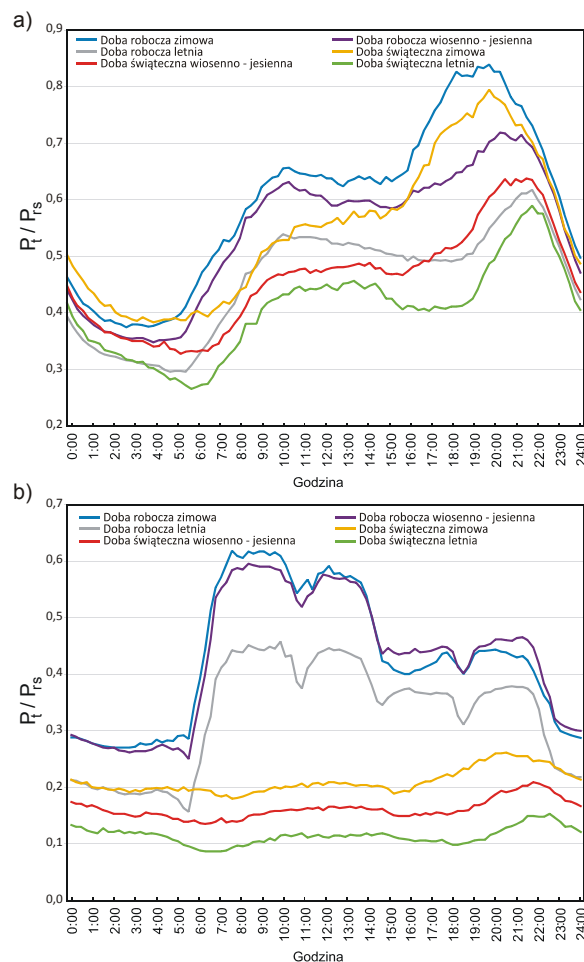
Dobową zmienność obciążeń można przedstawić także w postaci graficznej przy pomocy wykresu kalendarzowego, uporządkowanego, całkowitego obciążeń oraz całkowitego trwania obciążeń. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe zredukowane dobowe grafiki obciążeń sieci dystrybucyjnych zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych. Zmierzone moce 15-minutowe zostały odniesione do szczytowych wartości rocznych, występujących w danej sieci. Grafiki te przedstawiono przy pomocy wykresów *średnia – błędy*. Na wykresach tych *punkt* przedstawia wartość średnią analizowanej wielkości, natomiast *wąsy* obrazują 95% przedział ufności dla średniej.



Rys. 1. Wykresy *średnia – błędy* dobowej zmienności obciążeń w sieciach zasilających odbiorców a) komunalnych oraz b) przemysłowych dla doby roboczej zimowej

Na podstawie danych empirycznych sporządzone zostały uśrednione dobowe grafiki obciążeń sieci zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych

dla sześciu reprezentatywnych dób w roku, tj: doby roboczej letniej, zimowej, wiosenno-jesienniej oraz doby świątecznej letniej, zimowej i wiosenno-jesienniej. Otrzymane grafiki obciążenia przedstawiono na rysunku 2.

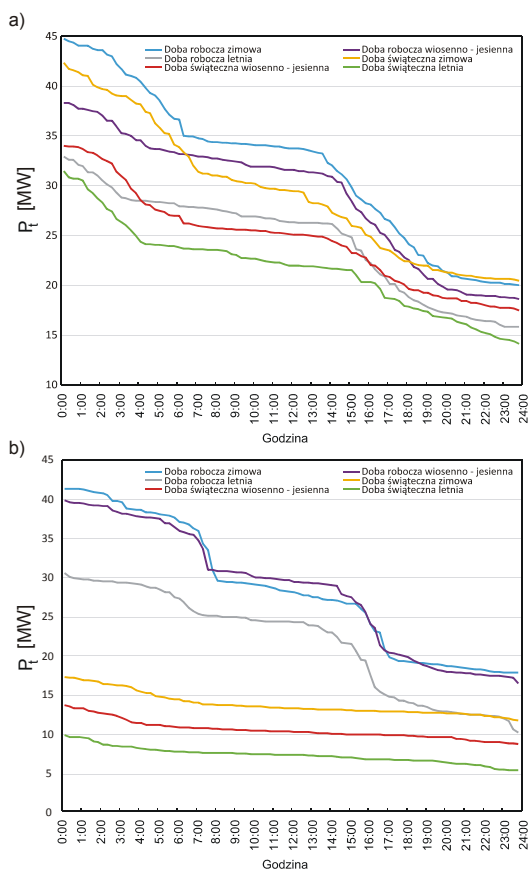


Rys. 2. Dobowa zmienność obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN a) komunalnych oraz b) przemysłowych, dla sześciu reprezentatywnych dni w roku

Analizując powyższe wykresy można stwierdzić, iż obciążenie elektryczne jest ściśle związane z porą roku. Zarówno dla sieci komunalnych, jak i przemysłowych obciążenie w okresie zimowym jest znacznie większe niż w okresie letnim. Dla sieci zasilających odbiorców komunalnych widoczne są także zmiany kształtu wykresu

dobowego zależne od długości trwania dnia. O ile szczyt poranny rozpoczyna się niezależnie od pory roku między godziną 5 a 6, o tyle szczyt wieczorny rozpoczyna się około godziny 19 w okresie letnim oraz między godziną 16 i 17 w okresie zimowym. Obciążenie dla dób świątecznych jest w sieciach komunalnych znacznie niższe niż dla dób roboczych. Ponadto szczyt poranny rozpoczyna się dla dób świątecznych około godzinę później, niż dla dób roboczych. W sieciach przemysłowych dla dób roboczych, niezależnie od pory roku szczyt poranny rozpoczyna się około godziny 6 rano, co związane jest z rozpoczęciem pracy przez pierwszą zmianę. Wyraźne obniżenie poboru mocy następuje około godziny 11, co związane jest z przerwą śniadaniową. Szczyt utrzymuje się do godziny 15, tzn. do końca pierwszej zmiany. Następnie do końca drugiej zmiany, do godziny 23, utrzymuje się zwiększone obciążenie, jednak znacznie mniejsze niż podczas pierwszej zmiany. Doby świąteczne charakteryzują się bardzo wyrównanym obciążeniem, o czym świadczy duża wartość współczynnika nierównomierności.

Na rysunku 3 zaprezentowane zostały uśrednione dobowe wykresy uporządkowane obciążenia czynnego.



Rys. 3. Uśrednione dobowe wykresy uporządkowane obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN a) komunalnych oraz b) przemysłowych, dla sześciu reprezentatywnych dni w roku

Na rysunku 4 zaprezentowane zostały uśrednione dobowe wykresy całkowite obciążeń. Wykresy te prezentują chronologiczne przyrosty pobranej energii w kolejnych godzinach doby.

Tygodniowa zmienność obciążeń

Tygodniowa zmienność obciążeń wynika przede wszystkim z występowania dni roboczych oraz świątecznych i związanego z nimi cyklu i intensywności pracy. Tygodniową zmienność obciążeń można przedstawić, podobnie jak dobową, przy pomocy wykresów kalendarzowych, uporządkowanych oraz całkowitych.

Charakteryzuje się ją również przy pomocy analogicznych wskaźników, jak dla zmienności dobowej według zależności od (1) do (8), z tym, że do poszczególnych zależności należy wówczas podstawić parametry charakteryzujące obciążenie tygodniowe (A_{Tg} , P_{Tgs} , P_{Tgsr} , P_{Tgo} , T_{Tg} = 168 h). Czasami wyznacza się także stopień równomierności szczytów dobowych w tygodniu [2]:

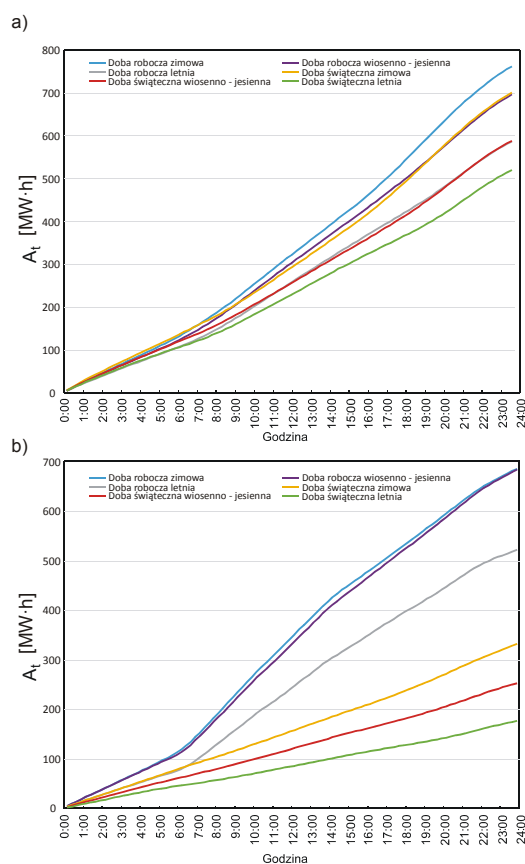
$$(9) \quad \sigma_{Tg}'' = \frac{\sum_{i=1}^7 P_{dSi}}{7 \cdot P_{Tgs}}$$

gdzie: P_{dSi} – moc szczytowa i -tego dnia tygodnia.

W tabeli 2 zestawiono średnie wartości stopni równomierności szczytów dobowych w tygodniu dla trzech charakterystycznych tygodni w roku.

Tabela 2. Średnie stopnie równomierności szczytów dobowych w tygodniu (OK – odbiorcy komunalni, OP – odbiorcy przemysłowi)

Tydzień zimowy		Tydzień wiosenno - jesienny		Tydzień letni	
OK	OP	OK	OP	OK	OP
0,98	0,79	0,97	0,81	0,96	0,82

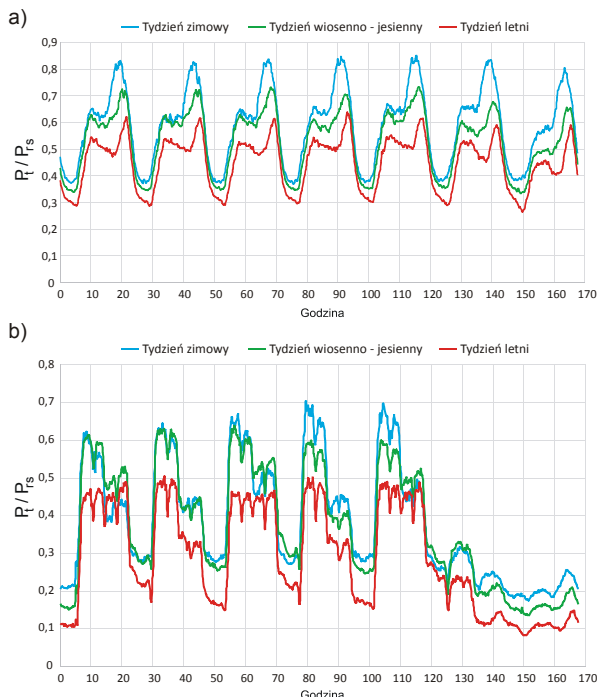


Rys. 4. Uśrednione dobowe wykresy całkowite obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN a) komunalnych oraz b) przemysłowych, dla sześciu reprezentatywnych dni w roku

Głównym celem podjętych badań jest ustalenie typowych dla sieci SN zmienności obciążenia. Tak więc ocenie poddane zostały przede wszystkim obciążenia sieci komunalnych oraz przemysłowych w poszczególnych dniach tygodnia. Na rysunku 5 przedstawiono zredukowane tygodniowe grafiki obciążeń sieci zasilających odbiorców komunalnych oraz przemysłowych dla trzech reprezentatywnych tygodni w roku.

Analizując powyższe wykresy można stwierdzić, iż w sieciach zasilających odbiorców komunalnych, obciążenie elektryczne dla dni roboczych jest porównywalne. Średnie dobowe obciążenia w dni robocze danego tygodnia różnią się między sobą jedynie o około 3,8 %. W przypadku sieci

zasilających odbiorców przemysłowych obciążenia te różnią się o około 12,5 %. W soboty obciążenie jest mniejsze o około 3,8 % niż w dni robocze dla sieci komunalnych, natomiast o 47 % mniejsze niż w dni robocze w sieciach przemysłowych. Zarówno w sieciach komunalnych, jak i przemysłowych obciążenie w niedzielę jest znacznie mniejsze niż w dni robocze (o 13,5 % dla sieci komunalnych oraz o 68 % dla sieci przemysłowych).



Rys. 5. Tygodniowa zmienność obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN zasilających odbiorców a) komunalnych oraz b) przemysłowych

Roczna zmienność obciążeń

Na roczną zmienność obciążeń ma wpływ przede wszystkim sezonowość poboru energii przez odbiorców oraz zmiana struktury przetwarzania energii elektrycznej na inne formy energii, zwłaszcza na oświetlenie oraz ogrzewanie [2].

Podstawowymi wskaźnikami wykorzystywanymi do scharakteryzowania rocznej zmienności obciążeń są: energia roczna A_r , moc szczytowa P_{rs} , moc średnia P_{rsr} , moc obciążenia podstawowego P_{ro} , średni stopień obciążenia m_r , stopień wyrównania obciążenia podstawowego l_{ro} , stopień obciążenia podstawowego m_{ro} , szczytowy stopień wyrównania l_{rs} , stopień równomierności szczytów miesięcznych σ_r'' oraz roczny czas użytkowania mocy szczytowej T_{rs} . Powyższe wskaźniki wyznaczane są z zależności od (1) do (8) oraz [2]:

$$(10) \quad \sigma_r'' = \frac{\sum_{i=1}^{12} P_{mSi}}{12 \cdot P_{rs}}$$

gdzie: P_{mSi} – moc szczytowa i -tego miesiąca w roku.

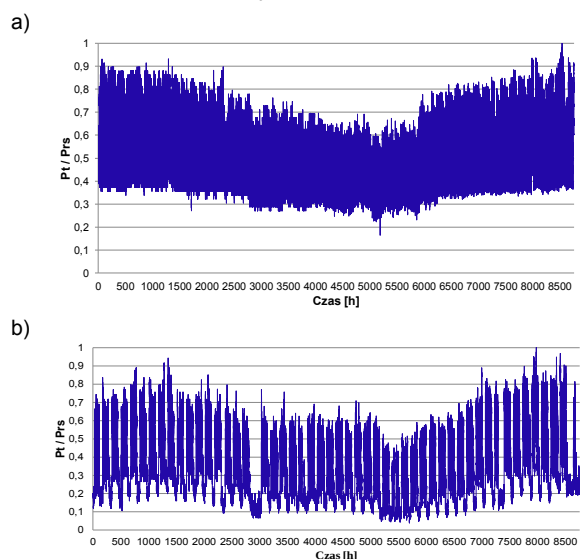
Do zależności (1) – (8) należy wówczas podstawić parametry charakteryzujące obciążenie roczne (A_r , P_{rs} , P_{rsr} , P_{ro} , $T_r = 8760$ h). Wartości powyższych współczynników, wyznaczone dla analizowanych sieci SN, zostały przedstawione w tabeli 3.

Roczną zmienność obciążeń można przedstawić także w postaci graficznej przy pomocy wykresu kalendarzowego, góry obciążeń, wykresu warstwicowego, rocznej zmienności obciążeń szczytowych i minimalnych, wykresu uporządkowanego, wykresu całkowitego obciążeń oraz wykresu całkowitego trwania obciążeń.

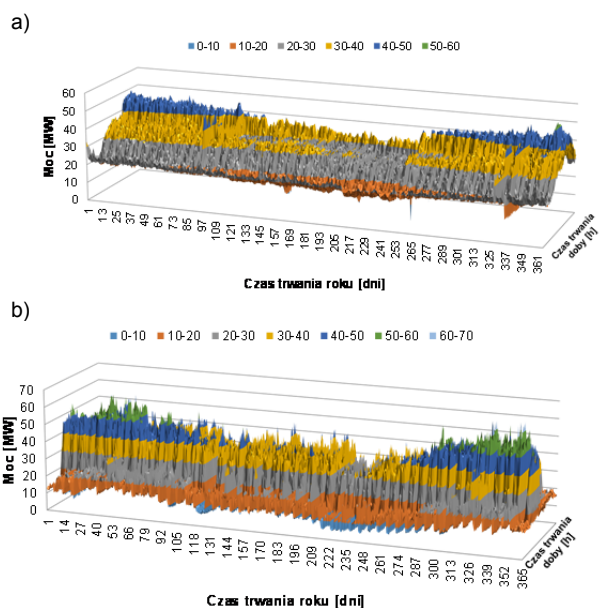
Tabela 3. Parametry i współczynniki charakteryzujące roczną zmienność obciążeń sieci elektroenergetycznych SN

Parametr	Sieci komunalne	Sieci przemysłowe
A_r [MW·h]	245482	210248
P_{rs} [MW]	53,3	68,02
P_{rsr} [MW]	28,02	24,00
P_{ro} [MW]	8,77	2,65
m_r [-]	0,53	0,35
m_{ro} [-]	0,16	0,04
l_{ro} [-]	0,31	0,11
l_{rs} [-]	1,90	2,83
σ_r'' [-]	0,87	0,81
T_{rs} [h]	4605,66	3090,97

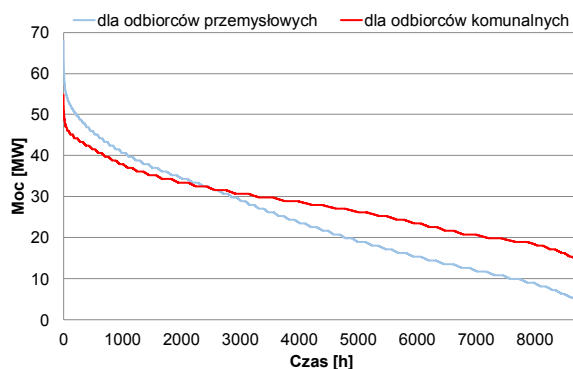
Wykres kalendarzowy obciążeń $P_{rt} = f(t_{rt})$ obrazuje przebieg obciążenia mocą czynną w czasie trwania roku, w chronologicznym porządku pojawiania się obciążeń. Przedstawia się go w postaci graficznej lub tabelarycznej [4]. Wykresy kalendarzowe obciążeń dla analizowanych sieci SN pokazano na rysunku 6.



Rys. 6. Roczna zmienność obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN zasilających odbiorców: a) komunalnych, b) przemysłowych



Rys. 7. Góra obciążeń analizowanych sieci SN zasilających odbiorców: a) komunalnych, b) przemysłowych

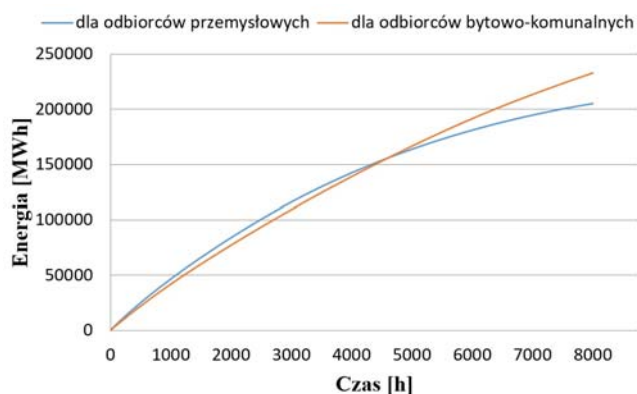


Rys. 8. Roczne wykresy uporządkowane obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN, komunalnej oraz przemysłowej

Roczną zmienność poboru mocy czynnej w postaci tzw. góry obciążeń przedstawiono na rysunku 7.

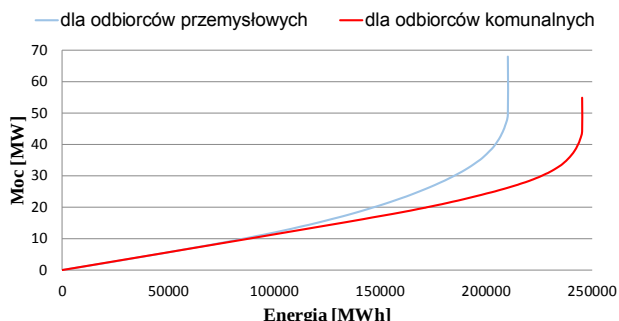
Roczne wykresy uporządkowane obciążenia czynnego zostały zaprezentowane na rysunku 8.

Na rysunku 9 zaprezentowane zostały roczne wykresy całkowite obciążeń. Wykresy te prezentują chronologiczne przyrosty pobranej energii w kolejnych godzinach roku.



Rys. 9. Roczne wykresy całkowite obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN a) komunalnych oraz b) przemysłowych

Roczne wykresy całkowite trwania obciążeń odbiorców komunalnych oraz przemysłowych zamieszczono na rysunku 10. Wykresy te prezentują zależność energii rocznej od przyrostów mocy. Są one wykorzystywane przede wszystkim w analizach dotyczących pokrywania obciążeń oraz przy wyznaczaniu strat gospodarczych wynikających z niedostarczenia określonej mocy do systemu.



Rys. 10. Roczne wykresy całkowite trwania obciążenia czynnego w analizowanych sieciach SN, komunalnej oraz przemysłowej

Roczną zmienność szczytów miesięcznych i najmniejszych obciążeń w analizowanych sieciach dystrybucyjnych SN przedstawiono na rysunku 11.



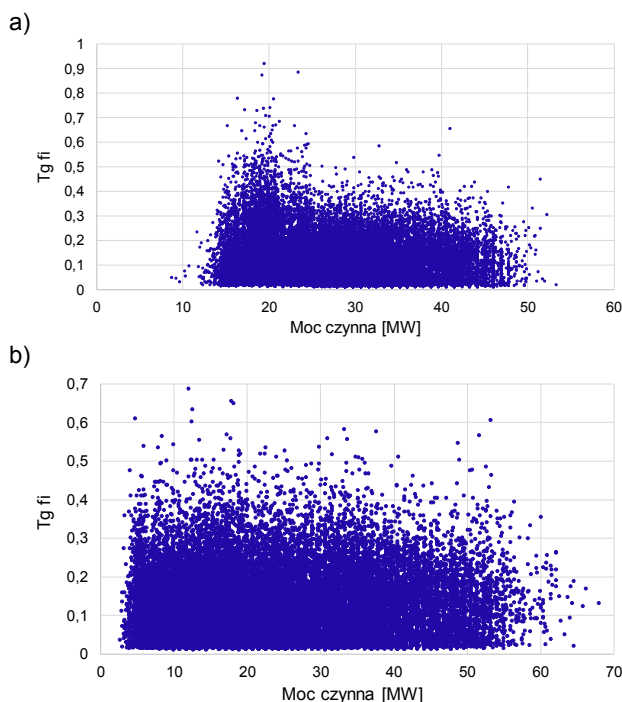
Rys. 11. Roczna zmienność miesięcznych szczytów oraz wartości minimalnych pobieranej mocy czynnej

Zmienność $tg\varphi$

Autor przeprowadził także analizę zmienności $tg\varphi$. Podjął próbę dopasowania zmienności empirycznej do jednego ze standardowych typów zmienności, tj. A, B lub C [4]. Okazało się, iż zmienności empiryczne odbiegają znacznie od zmienności teoretycznych. Najwyższy współczynnik korelacji wyniósł 0,29. Jest to współczynnik bardzo niski. Należało więc odrzucić hipotezę, iż zmienność $tg\varphi$ w sieciach komunalnych oraz przemysłowych może zostać przedstawiona w postaci klasycznej zmienności A, B lub C.

Na rysunku 12 przedstawiona została empiryczna zmienność współczynnika $tg\varphi$ w funkcji pobieranej mocy czynnej.

$Tg\varphi$ analizowanych sieci SN zmieniał się w przedziale od 0,01 do 0,92 dla sieci zasilających odbiorców komunalnych oraz od 0,01 do 0,69 dla sieci przemysłowych.



Rys. 12. Zmienność współczynnika $tg\varphi$ w zależności od pobieranej mocy czynnej dla sieci SN: a) komunalnej, b) przemysłowej

Podsumowanie

Przeprowadzone obszernie badania dotyczą analizy zmienności obciążeń w sieciach komunalnych i przemysłowych SN. W referacie przedstawiono jedynie fragment analizy. Na jej podstawie można wyciągnąć następujące wnioski:

1. Analiza obciążenia sieci SN przeprowadzona dla sześciu charakterystycznych dni w roku, pozwala na stwierdzenie, iż struktura obciążenia jest odmienna dla sieci komunalnych oraz przemysłowych. Największe obciążenie w sieciach komunalnych występuje w dni robocze zimowe, a następnie w świąteczne zimowe, robocze wiosenno-jesienne, świąteczne wiosenno-jesienne, robocze letnie i świąteczne letnie, natomiast w sieciach przemysłowych największe obciążenia występują w dni robocze, kolejno zimowe, wiosenno-jesienne oraz letnie, a następnie świąteczne zimowe, wiosenno-jesienne i letnie.
2. Szczyt poranny, zarówno w sieciach komunalnych, jak i przemysłowych, rozpoczyna się niezależnie od pory roku między godziną 5 a 6, natomiast szczyt wieczorny występuje tylko w sieciach komunalnych i rozpoczyna się około godziny 18 w okresie letnim oraz między godziną 15 i 16 w okresie zimowym.
3. Większą równomiernością obciążenia charakteryzują się sieci komunalne niż przemysłowe. Odnosi się to zarówno do zmienności dobowej, tygodniowej, jak i rocznej.
4. W miesiącach zimowych obciążenie jest znacznie wyższe niż w letnich.
5. Otrzymane w wyniku analizy wartości rocznych czasów użytkowania mocy szczytowej wynoszą 4605,66 h dla sieci komunalnych oraz 3090,97 h dla sieci przemysłowych i w przypadku sieci komunalnych odbiegają zdecydowanie od podawanych w literaturze technicznej (od 2000 h do 3500h) [6, 7].
6. Analiza wartości współczynnika $tg\varphi$ wykazała, iż znacznie lepszą kompensacją mocy biernej charakteryzują się sieci przemysłowe dla których wartości tego współczynnika są znacznie mniejsze.
7. Zauważyć należy, iż w wielu sieciach przemysłowych nie jest uwzględniane zalecenie, aby $tg\varphi$ był

utrzymywany w przedziale od 0,2 do 0,4. Zdarzają się nieliczne przypadki przekroczenia wartości 0,4, oraz powszechne utrzymywanie $tg\varphi$ w przedziale od 0 do 0,2.

8. Wyznaczone wskaźniki i przebiegi obciążeń mogą być przydatne dla przedsiębiorstw dystrybucyjnych energii elektrycznej, np. w celu opracowania optymalnego modelu prognozy obciążeń.

Autor: dr hab. inż. Andrzej Ł. Chojnacki, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Zakład Podstaw Energetyki, Aleja Tysiąclecia Państwa Polskiego 7, 25-314 Kielce, e-mail: a.chojnacki@tu.kielce.pl

LITERATURA

- [1] Banasiak P., Gorczyca-Goraj A., Przygodzki M.: Analiza grafików obciążeń wybranego segmentu odbiorców niskiego napięcia. *Energetyka* Nr 01/2017, s. 23-27
- [2] Chojnacki A. Ł.: Analiza dobowej, tygodniowej i rocznej zmienności obciążeń elektroenergetycznych w sieciach miejskich oraz wiejskich. *Przegląd elektrotechniczny* Nr 06/2009, s. 9-12 (109-112)
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego 2003/54/WE z dnia 26.06.2003
- [4] Góra S.: Gospodarka elektroenergetyczna, *Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Poznańskiej*, Poznań, 1973
- [5] Łyp J.: Modelowanie rocznej zmienności obciążeń KSE z uwzględnieniem efektu eskalacji użytkowania urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych, *Przegląd elektrotechniczny* Nr 06/2014, s. 257-260
- [6] Marzecki J.: Miejskie sieci elektroenergetyczne, *Oficina Wydawnicza Politechniki Warszawskiej*, Warszawa, 1996
- [7] Marzecki J.: Terenowe sieci elektroenergetyczne, *Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji*, Radom, 2007
- [8] Ustawa Prawo Energetyczne, Dz.U. nr 89, poz. 625, 2006
- [9] Zalewski W.: Klasyfikacja obciążeń elektrycznych w miejskich stacjach rozdzielczych. XXVI Konferencja Taksonomiczna *Klasyfikacja i analiza danych – teoria i zastosowania*, Lipowy Most, 10-12 września 2012 r.