

24

SKOJARZONE WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA W BUDYNKACH WSPÓLNOT MIESZKANIOWYCH JAKO ELEMENT ROZWOJU ENERGETYKI PROSUMENCKIEJ

24.1 WPROWADZENIE

Umożliwienie budynkom mieszkalnym prawidłowego funkcjonowania pod względem energetycznym wiąże się głównie z bieżącym dostarczaniem do nich odpowiednich ilości energii elektrycznej i ciepła. Do wytworzenia tych energii wykorzystywane są przede wszystkim paliwa kopalne, których wyczerpywanie się w skali globalnej prowadzi do konieczności stosowania jak najbardziej efektywnych technologii umożliwiających redukcję zużycia paliw pierwotnych oraz osiąganie coraz wyższych sprawności konwersji energii paliwa na energię użyteczną [1, 6, 7, 8]. Jedną z takich technologii jest wysoko-sprawna kogeneracja gazowa, oznaczająca zamianę energii zawartej w paliwie jednocześnie na ciepło i energię elektryczną, która to zamiana realizowana jest w jednym urządzeniu lub zespole kilku połączonych ze sobą urządzeń. Może ona być realizowana zarówno na dużą skalę w elektrociepłowniach zawodowych jak i w tzw. skali mikro czyli przy użyciu agregatów kogeneracyjnych. Mikrokogeneracja oznacza produkcję w jednym urządzeniu energii elektrycznej na poziomie do 40 kW i ciepła na poziomie do 70 kW [9]. Urządzenia mikrokogeneracyjne oznaczane są skrótem MCHP oznaczającym Micro Co-Generation of Heat and Power, czyli produkcja ciepła i energii elektrycznej w skojarzeniu w skali mikro.

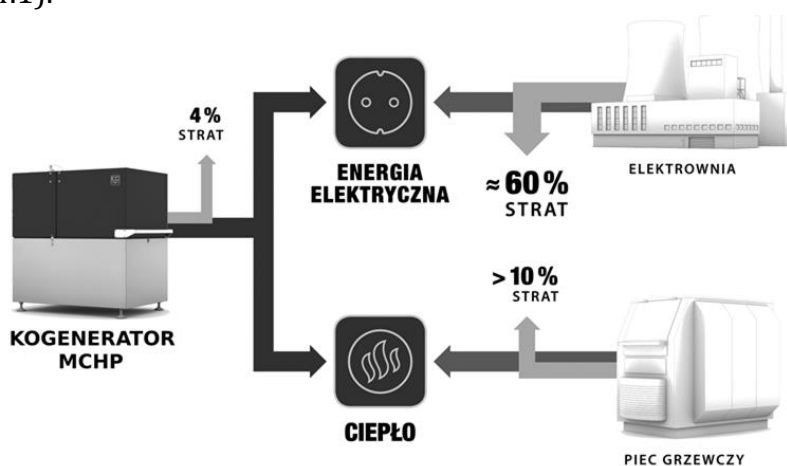
Stosowanie gazowej mikrokogeneracji MCHP w obiektach typu bloki mieszkalne, budownictwo w zabudowie szeregowej bądź wspólnotach mieszkaniowych ograniczone jest do budynków mających jednego właściciela. W budynkach, w których mieszkania są odrębną własnością, zastosowanie kogeneracji jest ograniczone do części wspólnych, takich jak klatki schodowe, parkingi wewnętrzne, oświetlenie zewnętrzne, itp. Wynika to z braku możliwości rozdziału kosztów eksploatacji pomiędzy lokatorów w budynkach, w których występuje kilka różnych źródeł energii elektrycznej lub ciepła. Bez względu na przyjęty model rozdziału kosztów/ zysków dotyczących kogeneracji w budynkach wspólnotowych, konieczny jest właściwy dobór mocy stosowanej jednostki kogeneracyjnej, od-

powiedni do profilu poboru mocy elektrycznej i ciepła w tego typu budynkach, co obarczone jest dużą zmiennością w skali doby i trudnościami we właściwym ustaleniu wartości podstawy poboru mocy elektrycznej.

Przy zastosowaniu wysokosprawnej kogeneracji gazowej w budynkach wspólnotowych lokatorzy stają się prosumentami w pełnym tego słowa znaczeniu i poprzez swoje świadome inwestowanie w proekologiczną technologię wytwórczą, poza ewidentnymi zyskami wynikającymi z oszczędności eksploatacyjnych, przyczyniają się do tworzenia rozproszonej sieci energetycznej, redukcji zużycia paliw pierwotnych oraz redukcji emisji zanieczyszczeń do środowiska naturalnego. Ilość wspólnot mieszkaniowych w Polsce, w których możliwa jest aplikacja mikrokogeneracji MCHP stwarza obraz jakiego rzędu moc elektryczna mogłaby zostać wprowadzona jako uzupełnienie zdolności wytwórczych krajowych sieci energetycznych.

24.2 WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA W SKOJARZENIU

W przypadku gazowej mikrokogeneracji MCHP generator prądu zmiennego napędzany jest silnikiem spalinowym zasilanym gazem ziemnym lub LPG. Generator wytwarza energię elektryczną w układzie trójfazowym, a całe ciepło z układu wodnego chłodzenia silnika i generatora staje się również dostępne dla użytkownika. W układzie tym możliwa jest duża redukcja strat energii w porównaniu z rozdzielną produkcją energii elektrycznej i ciepła (rys. 24.1).



Rys. 24.1 Porównanie strat energii w układzie gazowej mikrokogeneracji MCHP i w układzie rozdzielnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła

Źródło; opracowanie własne

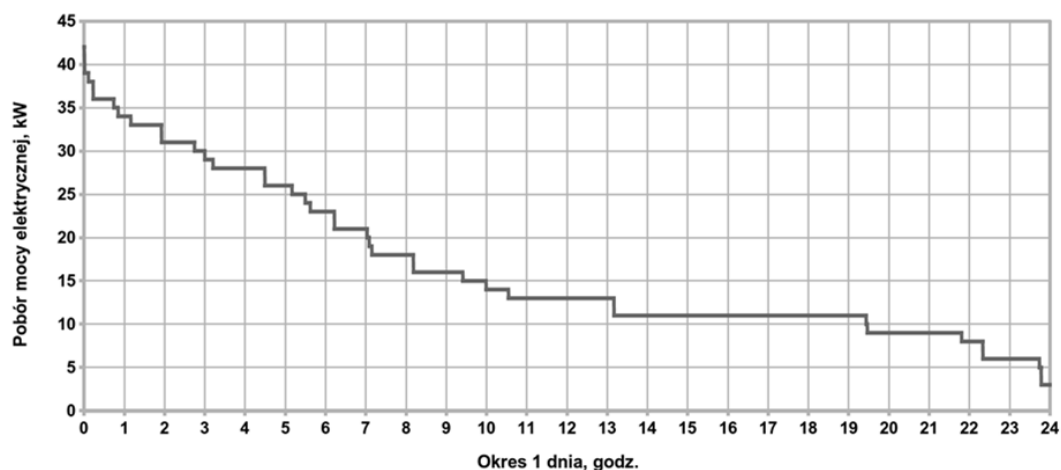
Niewielkie gabaryty urządzeń MCHP umożliwiają ich swobodny montaż w kotłowniach istniejących bądź nowoprojektowanych obiektów. Dzięki temu paliwo pierwotne (gaz ziemny lub LPG) dostarczane do obiektu podlega przetworzeniu na ciepło i energię elektryczną bezpośrednio w miejscu ich wykorzystania. Unikamy w ten sposób strat związanych z przesyłem energii elektrycznej przez sieci dystrybucyjne. Obecny stan polskich linii przesyłowych energii elektrycznej, często niemodernizowanych i nieremontowanych od ponad 30-40 lat, powoduje powstawanie strat przesyłowych o wartości nawet około 10%. Zatem przeniesienie produkcji części energii elektrycznej bezpośrednio do

budynków, w których energia ta jest wykorzystywana, oznacza dodatkowo odciążenie sieci przesyłowych.

24.3 PROFIL ENERGETYCZNY BUDYNKU WSPÓLNOTY MIESZKANIOWEJ

Układ mikrokogeneracji powinien być dobrany odpowiednio do zapotrzebowania danego obiektu na energię elektryczną i ciepło oraz ich zmian w skali doby. Prawidłowy dobór mocy kogeneratora bądź zespołu kogeneratorów zapewnia ciągłą pracę jednostek kogeneracyjnych nawet 24 godziny na dobę przez cały rok. Dzięki takiemu skonfigurowaniu osiągnięte są najwyższe oszczędności eksploatacyjne i najkrótsze czasy zwrotu nakładów inwestycyjnych.

Aby układ kogeneracji mógł pracować przez największą liczbę godzin w czasie roku konieczny jest jego dobór z uwzględnieniem wartości mocy elektrycznej i cieplnej jakie występują stale w okresie roku, w tzw. podstawie. Bazowanie na takich wartościach oznacza, że odbiór ciepła i energii elektrycznej wytwarzanej przez kogenerator będzie występować stale przez cały rok. W związku z tym przeprowadzenie doboru mocy układu kogeneracji wymaga pozyskania odpowiednich danych dotyczących analizowanego obiektu mieszkalnego.

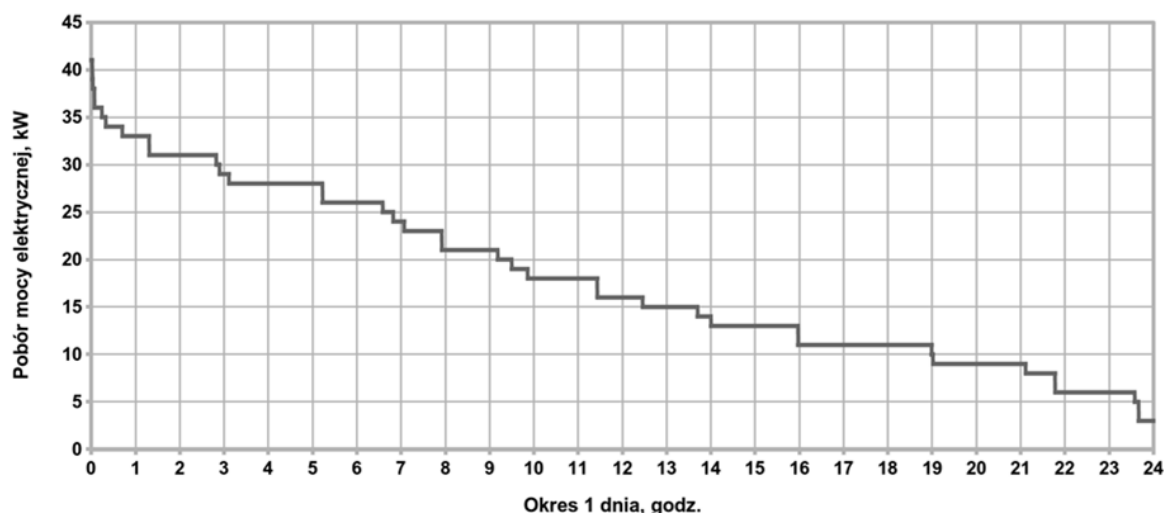


Rys. 24.2 Dobowy profil poboru energii elektrycznej przez budynek wspólnoty mieszkaniowej w okresie zimowym w dniu roboczym (wykres uporządkowany)

Źródło: opracowanie własne

Na rys. 24.2 przedstawiono uporządkowany wykres dobowego profilu poboru mocy elektrycznej we wspólnotowym budynku mieszkalnym składającym się z 64 mieszkań, zlokalizowanym w Legionowie. Profil został zarejestrowany w okresie zimowym w dniu roboczym. W przypadku budynków mieszkalnych dobowe profile poboru mocy elektrycznej charakteryzują się dużą powtarzalnością w skali roku.

Na rys. 24.3 przedstawiono analogiczny wykres zarejestrowany w dniu wolnym od pracy. Na podstawie tych profili można stwierdzić, że podstawa do doboru jednostki kogeneracyjnej wynosi 6-9 kW. Czyli mógłby tu z powodzeniem zostać zastosowany kogenerators o mocy nominalnej 15 kW z możliwością modulacji mocy wyjściowej w zakresie 7,5-15 kW mocy elektrycznej i 21-31 kW mocy grzewczej (np. typ MCHP XRGI 15, EC Power).



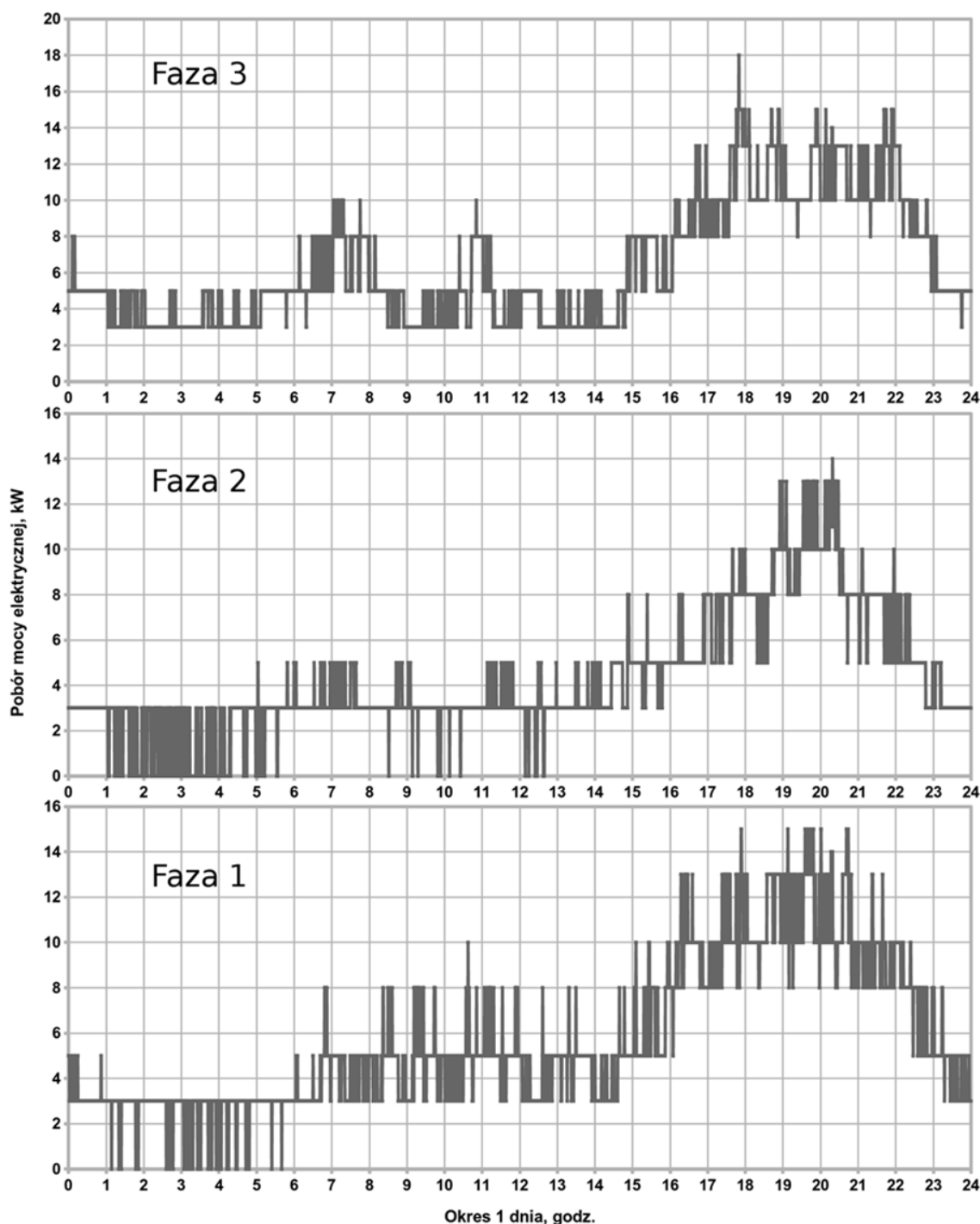
Rys. 24.3 Dobowy profil poboru energii elektrycznej przez budynek wspólnoty mieszkaniowej w okresie zimowym w dniu wolnym od pracy (wykres uporządkowany)

Źródło: opracowanie własne

W odniesieniu do zaopatrzenia wspólnotowych budynków mieszkalnych w ciepło z kogeneracji, potrzeby grzewcze obiektu są dużo wyższe niż moc grzewcza dobranej jednostki kogeneracyjnej. Tak, więc w okresie zimowym możliwy jest ciągły odbiór ciepła z kogeneracji i dodatkowe uzupełnienie bilansu grzewczego przez lokalny kocioł gazowy czy też wymiennik ciepła zdalczynnego połączone w jeden układ z kogeneratorem (współpraca źródeł, z nadaniem priorytetu ciepłu z kogeneracji). Natomiast w okresie letnim, kiedy na zapotrzebowanie grzewcze składa się wyłącznie rozbiór ciepłej wody użytkowej, ciepło z kogeneracji gromadzone jest w zasobnikach ciepła o odpowiednio dobranej do danego budynku (liczby mieszkań/mieszkańców) pojemności, co pozwala na gromadzenie ciepła w okresie minimalnego lub zerowego zapotrzebowania i wykorzystanie go w okresach wzmożonego zużycia ciepłej wody użytkowej (rano i wieczorem).

24.4 NIERÓWNOMIERNOŚĆ OBCIĄŻENIA SIECI BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Ze względu na to, że w budynkach mieszkalnych, pomimo obligacji nałożonych na projektantów sieci elektrycznych które wymagają zapewnienia równomiernego rozłożenia obciążenia na poszczególnych fazach sieci elektrycznej, faktyczny rozkład obciążenia zależy jednak w dużym stopniu od użytkownika jednofazowych urządzeń elektrycznych przez użytkowników końcowych, które to urządzenia mogą być podłączane do różnych faz przypadkowo. Dlatego też, w budynkach mieszkalnych nie jest wystarczające pozyskanie danych o sumarycznym poborze mocy elektrycznej na trzech fazach łącznie, jak to zostało przedstawione na rys. 24.2 i rys. 24.3. Konieczne staje się wykonanie rejestracji w czasie rzeczywistym na poszczególnych fazach. Na rys. 24.4 przedstawiono wykres dobrego profilu poboru mocy elektrycznej na poszczególnych fazach w omawianym budynku mieszkalnym, natomiast na rys. 24.5 przedstawiono te dane w postaci wykresów uporządkowanych. Widoczne jest, że zmiana obciążeń na poszczególnych fazach może występować niezależnie – nie są to równomierne rozłożenia obciążeń na poszczególnych fazach.

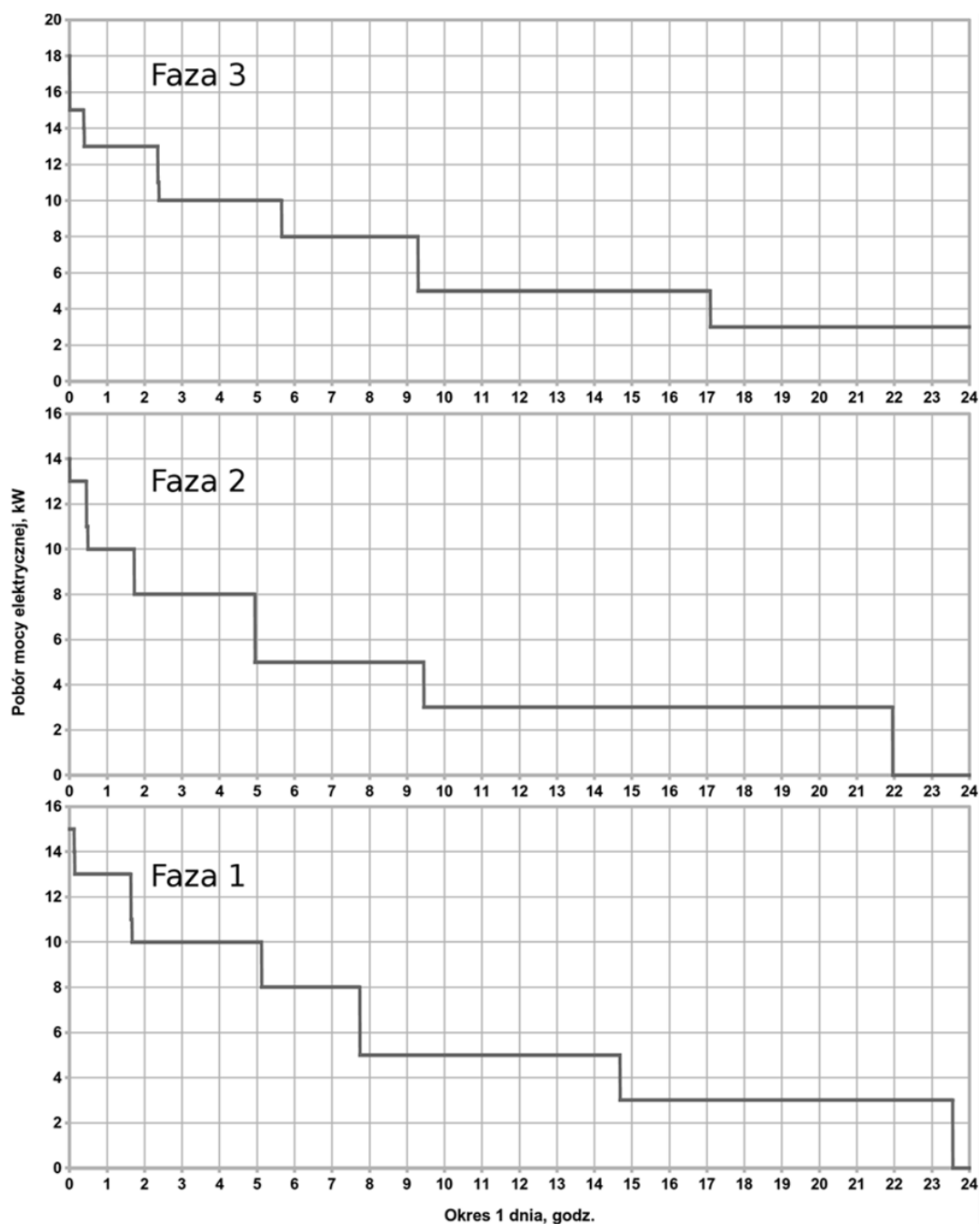


Rys. 24.4 Dobowy profil poboru energii elektrycznej przez budynek wspólnoty mieszkaniowej w rozdziale na poszczególne fazy

Źródło: opracowanie własne

W przypadku układów sterowania pracą jednostek gazowej mikrokogeneracji MCHP jako wartość odniesienia wykorzystywana jest suma obciążenia na wszystkich trzech fazach. Na tej podstawie odbywa się uruchomienie kogeneratora po wykryciu przekroczenia wartości minimalnej progu startu oraz modulacja od tej mocy minimalnej do mocy nominalnej. Taki sposób sterowania w połączeniu z nierównomiernością obciążenia poszczególnych faz może prowadzić do sytuacji, w której na jednej z faz występuje

obciążenie np. 3 kW, a na pozostałych brak obciążenia (rys. 24.6). Sytuacje takie występują najczęściej w godzinach nocnych, pomiędzy godz. 2:00 a 4:00.

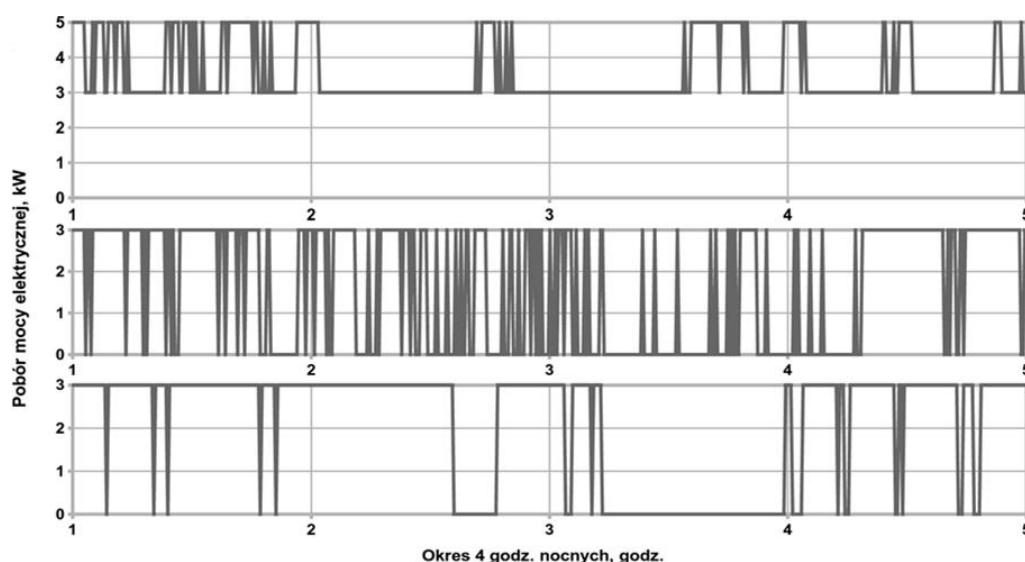


Rys. 24.5 Dobowy profil poboru energii elektrycznej przez budynek wspólnoty mieszkaniowej w rozdziale na poszczególne fazy (wykres uporządkowany)

Źródło: opracowanie własne

Na rys. 24.6 widoczne jest to po godzinie około 3:20. Taka bądź podobne sytuacje powodują, że nastąpi uruchomienie kogeneratora, jednak ze względu na to, że kogenerator jest trójfazową maszyną synchroniczną lub asynchroniczną, produkowana przez niego moc wyjściowa jest rozkładana równomiernie na wszystkie trzy fazy. Dlatego też mielibyśmy tu do czynienia z niekorzystnym układem, w którym kogenerator wytwarza np. 3

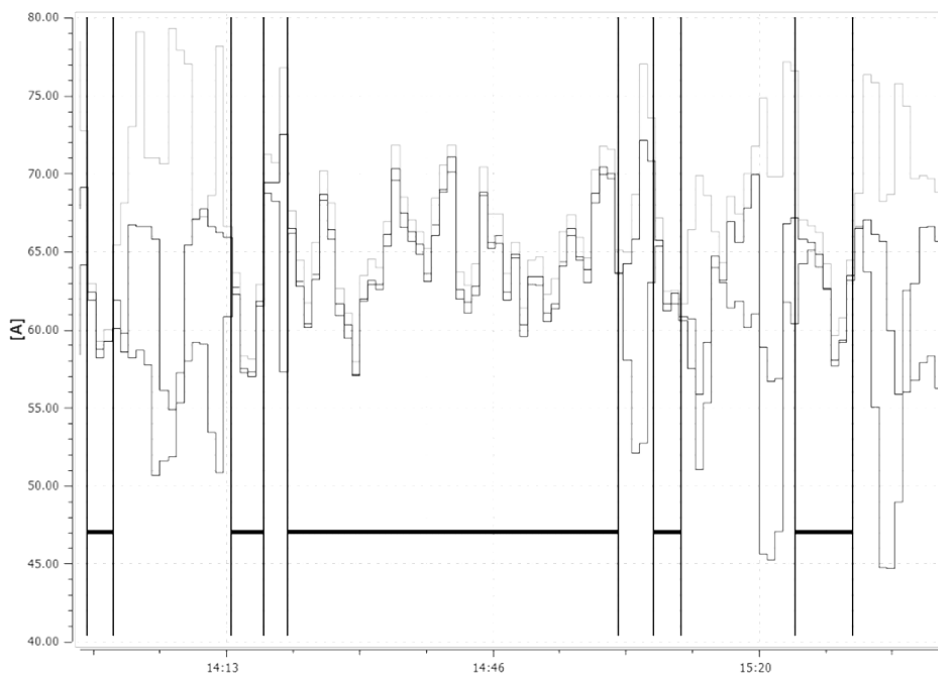
kW energii elektrycznej, ale rozdzielane jest to po 1 kW na każdą fazę. Zatem zapotrzebowanie 3 kW występujące na jednej z faz nie zostałoby pokryte z pracującego kogeneratora, pomimo, że tyle właśnie energii elektrycznej by on wytwarzał. Na fazie tej tylko 1 kW pokrywany byłby przez kogenerator, natomiast pozostałe 2 kW pobierane byłoby z sieci energetycznej (przez główny licznik, z naliczeniem opłat). Natomiast pozostałe 2 kW mocy elektrycznej produkowanej przez kogenerator (po 1 kW na pozostałych dwóch fazach) odprowadzane byłoby do sieci energetycznej. Jest to niedopuszczane przez dystrybutorów energii elektrycznej, chyba że obiekt ma podpisaną umowę o odsprzedaży energii elektrycznej do sieci i wyposażony jest w licznik dwukierunkowy. Przy mocach elektrycznych uzyskiwanych z mikrokogeneracji (rzędu do 40 kW), wymagane układy dodatkowego opomiarowania są zbyt kosztowne, aby uzasadniały taką odsprzedaż. Ponadto ceny uzyskiwane z odsprzedaży energii elektrycznej do sieci są zbyt niskie dla tych mocy, aby było to uzasadnione ekonomicznie.



Rys. 24.6 Godzinny profil poboru energii elektrycznej przez budynek wspólnoty mieszkaniowej w rozdziale na poszczególne fazy (okres nocny z nierównomiernym obciążeniem faz)

Źródło: opracowanie własne

Powyższy problem powoduje, że w przypadku budynków mieszkalnych, aby układy mikrokogeneracyjne mogły poprawnie funkcjonować i pracować na potrzeby użytkowników, konieczne jest zastosowanie dodatkowego układu jakim jest symetryzator obciążenia na fazach. Na rys. 24.7 przedstawiono przykładowy rozkład obciążeń na poszczególnych fazach w budynku przy wyłączonym i włączonym symetryzatorze. Widoczne jest tu, że zastosowanie takiego układu całkowicie likwiduje problem nierównomierności obciążenia faz w czasie rzeczywistym. W tym przypadku, dla przykładu podanego powyżej, w którym tylko na jednej z faz występuje obciążenie 3 kW, obciążenie to byłoby równomiernie rozłożone po 1 kW na każdą z faz. Dzięki temu pracujący kogenerator zasilałby te fazy jednolicie po 1 kW na fazę i z sieci energetycznej moc elektryczna nie byłaby pobierana.



Rys. 24.7 Rozkład obciążeń na poszczególnych fazach z i bez włączonego układu symetryzacji SAFi

Źródło: opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Wykorzystanie wysokosprawnych źródeł kogeneracyjnych z zastosowaniem paliw gazowych umożliwia realizację polityki zrównoważonego rozwoju w zakresie wykorzystania paliw pierwotnych i redukcji emisji zanieczyszczeń do środowiska. Istotne jednak staje się w tym przypadku zwrócenie uwagi na prawidłowy dobór wielkości źródła energii do potrzeb obiektu. Przewymiarowanie źródła kogeneracyjnego w stosunku do zapotrzebowania budynku na energię elektryczną i ciepło powoduje znaczne obniżenie liczby godzin pracy układu kogeneracji w skali roku, co oznacza wydłużanie czasu zwrotu nakładów inwestycyjnych powyżej akceptowanych okresów [4, 5].

Budynki mieszkalne stanowią niezagospodarowany dotąd obszar wykorzystania zalet i efektywności skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. W budynkach jednorodzinnych występują zbyt niskie pobory mocy elektrycznej i ciepła, zwłaszcza w okresie letnim, przez co zastosowanie kogeneracji jest nieuzasadnione [4, 5]. Dopiero budynki wspólnot mieszkaniowych (budynki wielorodzinne) stwarzają możliwość skutecznej aplikacji kogeneracji gazowej. Wiąże się to jednak z odpowiednim doбором mocy jednostki kogeneracyjnej. Wymaga to przeprowadzenia szczegółowej analizy profilu poboru mocy elektrycznej i grzewczej przez obiekt. Konieczne staje się również uzyskanie informacji o profilu zmian poboru mocy elektrycznej oddzielnie na poszczególnych fazach i zidentyfikowanie w ten sposób potrzeby ewentualnego zastosowania układu symetryzacji obciążenia elektrycznego.

Ze względu na dużą ilość budynków wspólnotowych w Polsce (2.282.237 mieszkań we wspólnotach typu spółdzielnie mieszkaniowe i towarzystwa budownictwa społecznego [3]) zastosowanie w budynkach wspólnot mieszkaniowych lokalnego wytwarzania

energii elektrycznej i ciepła jest zgodnie z założeniami energetyki prosumenckiej i stanowić może istotny wkład do rozwoju rozproszonej sieci energetycznej, co jest zgodne z kierunkami działań nakreślonymi w Polityce Energetycznej Unii Europejskiej i co opisywane jest jako istotny element rozwoju struktury sieci energetycznych związany z decentralizacją i dywersyfikacją źródeł energii [1, 2, 6].

PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach pracy statutowej BK-214/ROZ3/2017 (13/030/BK_17/0027) nt. Sposoby i środki doskonalenia produktów i usług na wybranych przykładach.

LITERATURA

1. T. Bańkowski, K. Żmijewski. „Analiza możliwości i zasadności wprowadzenia mechanizmów wsparcia gazowych mikroinstalacji kogeneracyjnych”. *Wsparcie energetyki rozproszonej – Energetyka społeczna*. Warszawa: Instytut im. E. Kwiatkowskiego, 2012.
2. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego 2012/27/UE z dn. 25 października 2012 r. – w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.
3. *Gospodarka Mieszkaniowa w 2015 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, 2016.
4. P. Kaleta, T. Wałek. „Porównanie efektywności i czasów zwrotu instalacji gazowej mikrogeneracji MCHP XRGI w obiektach o zróżnicowanym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło. Cz. 1.” *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja*, nr 6, 2015, s. 218-222.
5. P. Kaleta, T. Wałek. „Porównanie efektywności i czasów zwrotu instalacji gazowej mikrogeneracji MCHP XRGI w obiektach o zróżnicowanym zapotrzebowaniu na energię elektryczną i ciepło. Cz. 2.” *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo i Wentylacja*, nr 8, 2015, s. 300-306.
6. J. Popczyk. „Energetyka Rozproszona - od dominacji energetyki w gospodarce do zrównoważonego rozwoju, od paliw kopalnych do energii odnawialnej i efektywności energetycznej”. Warszawa: Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki, 2011.
7. M. Popkiewicz. *Rewolucja energetyczna. Ale po co?* Katowice: Sonia Draga, 2015.
8. Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dn. 12 września 2013r. w sprawie mikrogeneracji – wytwarzania energii elektrycznej i ciepłej na małą skalę, nr rezolucji P7_TA (2013)0374.
9. Ustawa - Prawo energetyczne, z dnia 10 kwietnia 1997 r. Dz.U. z 2012 poz. 1059, brzmienie od 19 maja 2016 r.

SKOJARZONE WYTWARZANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ I CIEPŁA W BUDYNKACH WSPÓLNOT MIESZKANIOWYCH JAKO ELEMENT ROZWOJU ENERGETYKI PROSUMENCKIEJ

Streszczenie: W artykule przedstawiono zagadnienia związane z prawidłowym doбором mocy jednostek kogeneracyjnych w zastosowaniu w budynkach wspólnot mieszkaniowych wzięwszy pod uwagę konieczność jednoczesnego odbioru wytwarzanej energii elektrycznej i ciepła. Przeanalizowane zostały dobowe profile poboru energii elektrycznej przez wspólnotę. Określono poziom występowania poboru energii elektrycznej w podstawie umożliwiającej odpowiedni dobór mocy i zakresu modulacji jednostki kogeneracyjnej. Przeanalizowane zostało również zużycie ciepła na potrzeby zaopatrzenia w ciepłą wodę użytkową w okresie letnim, co musi zostać odpowiednio skorelowane z mocą grzewczą jednostki kogeneracyjnej. Wskazano potencjalne korzyści jakie mogą wynikać z rozszerzenia stosowania rozproszonej kogeneracji w krajowej energetyce prosumenckiej.

Słowa kluczowe: kogeneracja, budynki wspólnot mieszkaniowych, energetyka prosumencka

COMBINED PRODUCTION OF HEAT AND POWER IN HOMEOWNER ASSOCIATION BUILDINGS AS AN ELEMENT OF PROSUMER-BASED ENERGY SYSTEM DEVELOPMENT

Abstract: Issues related to a proper selection of co-generation unit capacity for application in homeowner association type buildings are presented in this paper, taking into consideration a necessity of simultaneous consumption of heat and power produced. Daily profiles of power consumption in a multi-family building were analyzed. A level of base power consumption was determined, which allows for a proper selection of capacity and modulation range of co-generation unit. Also, the heat demand for the needs of hot domestic water supply in summer period was analyzed, which must be properly correlated with heating capacity of co-generation unit. Potential benefits which may result from dissemination of dissipated co-generation application in national prosumer-based energy system were shown.

Key words: co-generation, homeowner association buildings, prosumer-based energy system

Dr inż. Tomasz WAŁEK
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze
e-mail: Tomasz.Walek@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 28.06.2017
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 31.07.2017