

doi:10.15199/48.2017.04.22

## Sterowanie przekształtnikiem energoelektronicznym AC/DC w hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia

**Streszczenie.** Niniejszy referat omawia kwestie związane z możliwymi do zastosowania strategiami sterowania przekształtnikiem energoelektronicznym pełniącym rolę łącznika pomiędzy elementami stało- i przemiennoprądowymi w hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia. Rozważane strategie zostaną sprawdzone w testowej mikro sieci niskiego napięcia, w różnych warunkach jej pracy. Wyniki obliczeń symulacyjnych zostaną przedstawione w formie tabelarycznej oraz graficznej, a na ich podstawie opracowane zostaną wnioski końcowe.

**Abstract.** This paper discusses issues related to possible control strategies of AC/DC electronic power converter operating as a link between DC and AC elements in hybrid low voltage microgrid. Considered control strategies will be tested in a test microgrid, under different conditions of its operation. The results of simulation will be presented in tabular and graphical form and, based on them, the conclusions will be developed. (**Control of AC/DC electronic power converter in hybrid low voltage microgrid**).

**Słowa kluczowe:** obszar pracy, przekształtniki AC/DC, mikro sieci hybrydowe, straty mocy.

**Keywords:** operation area, AC/DC converters, hybrid microgrids, power losses.

### Wstęp

Aktualnie najbardziej rozpowszechnionym sposobem przesyłu energii elektrycznej od wytwórcy do odbiorcy jest trójfazowy system elektroenergetyczny prądu przemiennego (AC). Swoją popularność technologia przemiennoprądowa zawdzięcza głównie łatwości zmiany poziomu napięcia (stosowanie transformatorów podwyższających i obniżających napięcie), co umożliwiło wydajne przesyłanie energii elektrycznej na duże odległości.

Wprowadzenie koncepcji mikro sieci spowodowało, że coraz więcej odbiorców może instalować lokalne źródła energii, zmniejszając tym samym straty generowane w sieciach dystrybucyjnych i przesyłowych. Wraz z rozwojem technologii coraz większą popularność zyskują źródła fotowoltaiczne, czy ogniwa paliwowe. Oprócz wielu zalet, źródła te posiadają jedną istotną niedogodność – ich napięcie wyjściowe jest napięciem stałym. Aby przyłączyć wspomniane źródła do sieci przemiennoprądowej konieczne jest stosowanie dwustopniowych energoelektronicznych przekształtników DC/DC/AC włączanych pomiędzy źródło a sieć AC. Straty generowane przez dużą liczbę dodatkowych urządzeń energoelektronicznych mogą w efekcie przewyższyć korzyści wynikające ze zmniejszenia strat w sieciach dystrybucyjnych i przesyłowych.

Zaprezentowana w [1] koncepcja hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia zakłada istnienie jednostopniowych przekształtników DC/DC instalowanych przy źródłach oraz centralnego przekształtnika AC/DC łączącego sieci stało- i przemiennoprądowe w jeden układ. Rozwiązanie takie, przy odpowiednio dobranej strategii sterowania przekształtnika AC/DC może przyczynić się do redukcji strat mocy w porównaniu z mikro siecią wyposażoną w przekształtniki dwustopniowe. Należy również dodać, że wiele z istniejących obecnie odbiorników energii elektrycznej (np. urządzenia grzewcze) może poprawnie pracować przy zasilaniu napięciem stałym. Podłączenie tego typu odbiorników do sieci stałoprądowej skutkować będzie tym, że ilość energii podlegającej konwersji ulegnie zmniejszeniu, a tym samym zmniejszą się straty obciążeniowe przekształtnika AC/DC.

### Hybrydowe mikro sieci niskiego napięcia

Koncepcję hybrydowych mikro sieci niskiego napięcia należy uznać za ważny problem badawczy, co potwierdzają publikacje naukowe. Publikacja [2] zawiera zestawienie

pięciu najbardziej popularnych topologii hybrydowych mikro sieci:

- izolowaną,
- częściowo izolowaną,
- izolowaną dwustopniową,
- częściowo izolowaną dwustopniową,
- częściowo izolowaną trójstopniową.

W topologii izolowanej oraz częściowo izolowanej sieć OSD jest bezpośrednio połączona z częścią przemiennoprądową mikro sieci. Topologie dwustopniowe charakteryzują się istnieniem łącza stałoprądowego, pomiędzy siecią OSD a częścią przemiennoprądową mikro sieci. Struktura trójstopniowa umożliwia zintegrowanie ze sobą sieci stałoprądowych o różnych poziomach napięcia znamionowego.

W artykule [3] autorzy przeprowadzili symulację pracy hybrydowych mikro sieci zgodnie z zaproponowanym przez nich sposobem koordynacji pracy różnych typów przekształtników energoelektronicznych. Wyniki przeprowadzonych symulacji wykazały, że prawidłowo zaprojektowany układ sterowania przekształtnikami umożliwia stabilną pracę hybrydowej mikro sieci zarówno w trybie synchronicznym, jak i wyspowym.

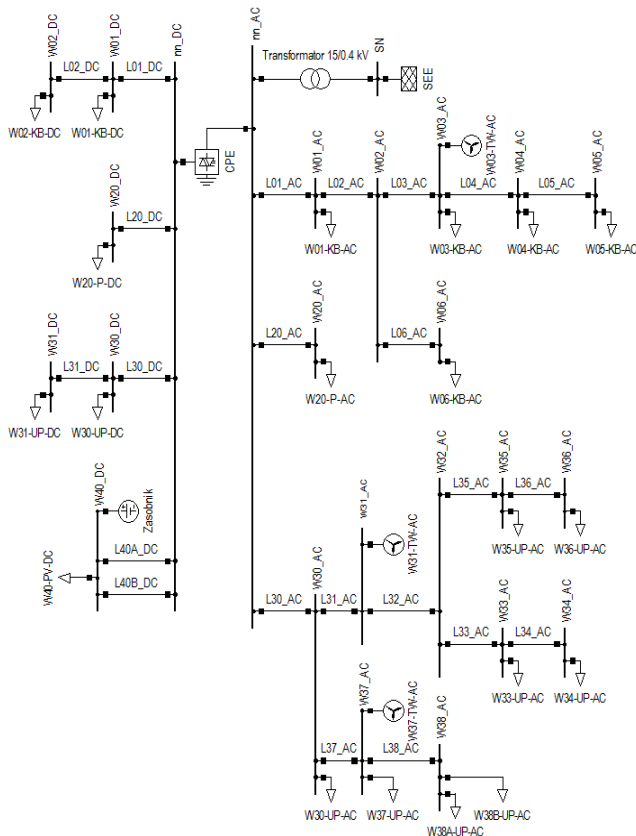
Zagadnienie sterowania pracą hybrydowej mikro sieci odłączonej od sieci OSD zostało opisane między innymi w [4] i [5]. Sterowanie rozdziałem mocy pomiędzy część stało- i przemiennoprądową mikro sieci zostało zrealizowane w oparciu o częstotliwościową charakterystykę mocy czynnej w części AC oraz napięciową charakterystykę mocy czynnej w części DC.

### Opis testowej, hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia

Hybrydowa, testowa mikro sieć niskiego napięcia powstała poprzez połączenie mikro sieci opisanej w [6] z koncepcją zaprezentowaną w [1]. Struktura ta składa się z części stałoprądowej (DC) przemiennoprądowej (AC) oraz łączącego obie części centralnego przekształtnika energoelektronicznego (CPE) o następujących parametrach:

- napięcie znamionowe przemienne  $U_{nAC} = 0,4 \text{ kV}$ ,
- napięcie znamionowe stałe  $U_{nDC} = 0,444 \text{ kV}$ ,
- znamionowa moc pozorna  $S_n = 100 \text{ kVA}$ .

Schemat ideowy testowej mikro sieci, zamodelowanej z wykorzystaniem programu PowerFactory (v.15.1) [7] przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat ideowy testowej mikrosieci – opracowano na podstawie [1, 6]

Mikrosieć została wyposażona w dwa rodzaje mikroźródeł: mikroturebiny wiatrowe przyłączone do sieci przemiennoprądowej oraz współpracujące z bateryjnym zasobnikiem energii, źródło fotowoltaiczne zainstalowane w części stałoprądowej. Dobowe charakterystyki stopnia generacji mikroźródeł zostały opracowane w oparciu o dane dotyczące nasłonecznienia i prędkości wiatru dla Warszawy w dniu 21 kwietnia 2015 roku [8].

Moc generowana w mikroźródłach oraz importowana z sieci operatora spółki dystrybucyjnej (OSD) będzie dostarczona do szeregu odbiorców. W rozważanej hybrydowej mikrosieci wprowadzono podział na trzy kategorie odbiorców: komunalno – bytowi (KB), przemysłowi (P) oraz użyteczności publicznej (UP). Dobowe charakterystyki zapotrzebowania na moc odbiorców opracowano na podstawie danych z [9] w dniu 21 kwietnia 2015 roku, z uwzględnieniem dodatkowych założeń. Wartość zapotrzebowania na moc w *i-tej* chwili czasowej wylosowano, z wykorzystaniem generatora liczb pseudolosowych o rozkładzie równomiernym, z przedziału:

- $\langle ZAP - 25\% ; ZAP + 25\% \rangle$  ale nie więcej niż zapotrzebowanie szczytowe danego odbiorcy komunalno – bytowego,
- $\langle ZAP - 10\% ; ZAP + 10\% \rangle$  ale nie więcej niż zapotrzebowanie szczytowe danego odbiorcy przemysłowego,
- $\langle ZAP - 15\% ; ZAP + 15\% \rangle$  ale nie więcej niż zapotrzebowanie szczytowe danego odbiorcy użyteczności publicznej,

gdzie: ZAP – procentowy stopień zapotrzebowania na moc względem zapotrzebowania szczytowego, oszacowany na podstawie [9].

Parametry znamionowe zainstalowanych mikroźródeł oraz szczytowe zapotrzebowanie odbiorców na moc czynną i bierną przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Parametry znamionowe mikroźródeł – opracowano na podstawie [6]

Typ mikroźródła	Symbol	$S_n$ [kVA]	Węzeł
Mikroturbina wiatrowa*	W03-TW-AC	10	W03_AC
	W31-TW-AC	10	W31_AC
	W37-TW-AC	10	W37_AC
Źródło fotowoltaiczne**	W40-PV-DC	100	W40_DC

\* mikroturebina wiatrowa pobiera moc bierną indukcyjną

\*\* w celu uproszczenia modelowania źródło fotowoltaiczne odwzorowano jako odbiór z ujemną wartością pobieranej mocy

Tabela 2. Szczytowe zapotrzebowanie na moc odbiorców – opracowano na podstawie [6]

Typ odbiorcy	Symbol	$P_L$ [kW]	$Q_L$ [kW]	Węzeł
Komunalno – bytowy	W01-KB-AC	15,0	5,4	W01_AC
	W03-KB-AC	55,0	20,0	W03_AC
	W04-KB-AC	15,0	5,4	W04_AC
	W05-KB-AC	37,0	13,4	W05_AC
	W06-KB-AC	35,0	12,7	W06_AC
	W01-KB-DC	3,0	---	W01_DC
	W02-KB-DC	1,0	---	W02_DC
Przemysłowy	W20-P-AC	70,0	27,7	W20_AC
	W20-P-DC	25,0	---	W20_DC
Użyteczności publicznej	W30-UP-AC	30,0	9,9	W30_AC
	W33-UP-AC	26,0	8,5	W33_AC
	W34-UP-AC	20,0	6,6	W34_AC
	W35-UP-AC	16,0	5,3	W35_AC
	W36-UP-AC	8,0	2,6	W36_AC
	W37-UP-AC	26,0	8,5	W37_AC
	W38A-UP-AC	8,0	2,6	W38A_AC
	W38B-UP-AC	20,0	6,6	W38B_AC
	W30-UP-DC	5,0	---	W30_DC
	W31-UP-DC	10,0	---	W31_DC

Tabela 3. Parametry elektroenergetycznych linii niskiego napięcia – opracowano na podstawie [6]

Linia	Typ	$R'$ [Ω/km]	$X'$ [Ω/km]	$B'$ [μS/km]	$I_z$ [A]	$l$ [m]
L01_AC	AsXS 4x120	0,253	0,059	25,2	280	35
L02_AC	AsXS 4x120	0,253	0,059	25,2	280	70
L03_AC	AsXS 4x120	0,253	0,059	25,2	280	70
L04_AC	AsXS 4x120	0,253	0,059	25,2	280	70
L05_AC	AsXS 4x120	0,253	0,059	25,2	280	70
L06_AC	AsXS 4x70	0,443	0,059	25,2	195	105
L20_AC	YAKY 4x150	0,206	0,074	188,8	270	200
L30_AC	4xAl50	0,591	0,289	4,0	225	60
L31_AC	4xAl50	0,591	0,289	4,0	225	30
L32_AC	4xAl50	0,591	0,289	4,0	225	30
L33_AC	4xAl35	0,839	0,300	3,9	180	60
L34_AC	4xAl35	0,839	0,300	3,9	180	60
L35_AC	4xAl16	1,822	0,324	3,6	110	30
L36_AC	4xAl16	1,822	0,324	3,6	110	30
L37_AC	4xAl35	0,839	0,300	3,9	180	30
L38_AC	4xAl35	0,839	0,300	3,9	180	30
L01_DC	AsXS 2x16	1,910	---	---	80	35
L02_DC	AsXS 2x16	1,910	---	---	80	140
L20_DC	AsXS 2x35	0,868	---	---	125	200
L30_DC	AsXS 2x16	1,910	---	---	80	180
L31_DC	AsXS 2x16	1,910	---	---	80	60
L40A_DC	AsXS 2x35	0,868	---	---	125	500
L40B_DC	AsXS 2x35	0,868	---	---	125	500

Modelowane mikroźródła oraz odbiory zostały ze sobą połączone za pomocą elektroenergetycznych linii niskiego napięcia, których parametry przedstawiono w tabeli 3.

### Metodyka i cel prowadzonych badań

Program PowerFactory (v.15.1) [7] pozwala na zamodelowanie przekształtnika energoelektronicznego AC/DC jako falownika napięcia VSC (ang. Voltage Source Converter). Przekształtnik ten może pracować w następujących trybach [7]:

- Vac – phi – przekształtnik kontroluje napięcie przemiennie oraz kąt rozchylenia wektorów napięć w miejscu przyłączenia do sieci AC,
- Vdc – phi – przekształtnik kontroluje napięcie stałe w punkcie przyłączenia do sieci DC oraz kąt rozchylenia wektorów napięć w punkcie przyłączenia do sieci AC,
- PWM – phi – przekształtnik kontroluje szerokość impulsu modulującego napięcie przemiennie oraz kąt rozchylenia wektorów napięć w miejscu przyłączenia do sieci AC,
- Vdc – Q – przekształtnik kontroluje napięcie stałe w punkcie przyłączenia do sieci DC oraz ilość mocy bierniej przepływającej między sieciami AC i DC,
- Vac – P – przekształtnik kontroluje napięcie przemiennie w punkcie przyłączenia do sieci AC oraz ilość mocy czynnej przepływającej między sieciami AC i DC,
- P – Q – przekształtnik kontroluje ilość mocy czynnej i bierniej przepływającej między sieciami AC i DC,
- Vac – Vdc – przekształtnik kontroluje napięcie przemiennie oraz stałe w punktach przyłączenia do sieci AC i DC.

Przeprowadzone przez autora referatu badania miały na celu znalezienie dopuszczalnych zakresów pracy przekształtnika dla każdego z dostępnych trybów pracy, tak aby nie ulegał on przeciążeniu powyżej 100% mocy znamionowej oraz określenie wpływu tych nastaw na straty mocy w mikrosieci. Przed wykonaniem obliczeń symulacyjnych założono, że:

- nastawy napięcia stałego oraz przemiennego będą zmieniane w zakresie od 0,9 do 1,1 wartości znamionowej, z krokiem 0,001,
- nastawy mocy czynnej będą zmieniane w zakresie od -100 kW do 100 kW, z krokiem 1 kW,
- nastawy mocy bierniej będą zmieniane w zakresie od -100 kvar do 100 kvar z krokiem 1 kvar,
- nastawy kąta rozchylenia wektorów napięć będą zmieniane w zakresie od 0 do 359,9 stopni, z krokiem 0,1 stopnia,
- nastawy szerokości impulsu modulującego napięcie przemiennie będą zmieniane od 0 p.u. do 1 p.u., z krokiem 0,1 p.u.

Aby sprawdzić czy zmiana stanu pracy mikrosieci (zgodnie z dobowymi charakterystykami stopnia generacji mikroźródeł oraz zapotrzebowania na moc odbiorców) wpływa na otrzymane wyniki symulacji, obliczenia zostały wykonane dla dwóch różnych punktów pracy:

- maksymalnego zapotrzebowania odbiorców na moc (symulacja dla godziny 12:45),
- minimalnego zapotrzebowania odbiorców na moc (symulacja dla godziny 01:30).

Wszystkie obliczenia symulacyjne zostały wykonane przy założeniu, że mikrosieć pracuje synchronicznie z siecią OSD.

### Przykładowe wyniki obliczeń symulacyjnych

Na podstawie przeprowadzonych badań symulacyjnych, dla każdego z dostępnych trybów pracy przekształtnika

energoelektronicznego wyznaczone zostały współczynniki wypełnienia obszaru pracy, zgodnie ze wzorem (1):

$$(1) \quad w = \frac{LPP_{ROZP}}{LPP_{OP}} \cdot 100\%$$

gdzie:  $w$  - współczynnik wypełnienia obszaru pracy,  $LPP_{ROZP}$  - liczba punktów pracy, dla których poprawnie wykonano obliczenia rozplywowe,  $LPP_{OP}$  - liczba punktów pracy w rozpatrywanym zakresie nastaw przekształtnika.

Uzyskane wartości współczynników przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Współczynniki wypełnienia obszaru pracy

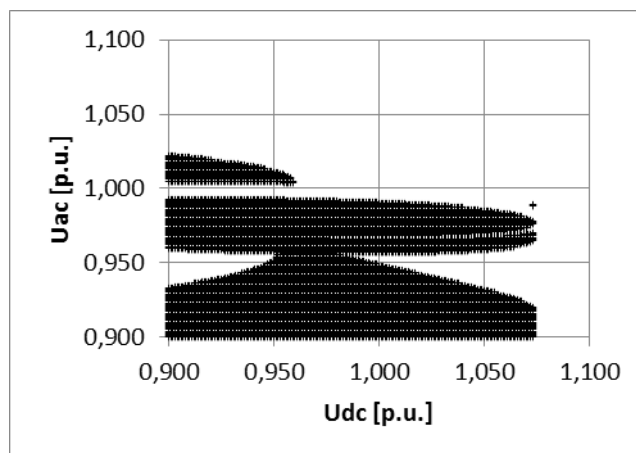
Tryb	$LPP_{OP}$	$LPP_{ROZP}$		$w$	
		01:30	12:45	01:30	12:45
Vac - phi	723600	208	114	0,029%	0,016%
Vdc - phi	723600	0	0	0%	0%
PWM - phi	36000	0	0	0%	0%
Vdc - Q	40401	31255	29577	77,362%	73,209%
Vac - P	40401	18069	15412	44,724%	38,148%
P - Q	40401	34386	34082	85,112%	84,359%
Vac - Vdc	40401	13725	11865	33,972%	29,368%

Minimalne i maksymalne wartości strat mocy czynnej w zależności od wybranego trybu pracy przekształtnika przedstawiono w tabeli 5.

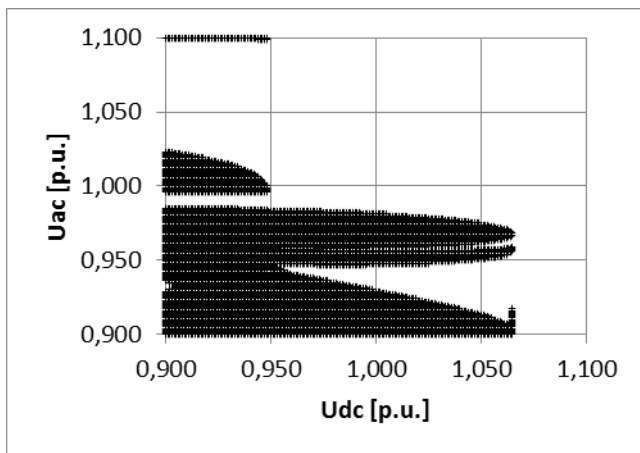
Tabela 5. Straty mocy czynnej

Tryb	$t$	$\Delta P_{min}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$\varphi$ [°]	$\Delta P_{max}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$\varphi$ [°]
Vac - phi	01:30	14,9	0,989	357,9	50,4	0,982	359,0
	12:45	24,0	0,978	357,5	43,7	0,976	358,3
Tryb	$t$	$\Delta P_{min}$ [kW]	$U_{DC}$ [p.u.]	$Q$ [Mvar]	$\Delta P_{max}$ [kW]	$U_{DC}$ [p.u.]	$Q$ [Mvar]
Vdc - Q	01:30	14,8	0,993	0,091	23,9	0,900	-0,099
	12:45	23,9	0,989	0,093	34,2	0,900	-0,098
Tryb	$t$	$\Delta P_{min}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$P$ [MW]	$\Delta P_{max}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$P$ [MW]
Vac - P	01:30	15,0	0,986	-0,075	95,0	0,969	0,099
	12:45	24,1	0,981	-0,099	176,7	0,975	0,087
Tryb	$t$	$\Delta P_{min}$ [kW]	$P$ [MW]	$Q$ [Mvar]	$\Delta P_{max}$ [kW]	$P$ [MW]	$Q$ [Mvar]
P - Q	01:30	14,8	-0,074	0,083	92,6	0,099	-0,014
	12:45	23,9	-0,093	0,067	165,8	0,088	-0,047
Tryb	$t$	$\Delta P_{min}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$U_{DC}$ [p.u.]	$\Delta P_{max}$ [kW]	$U_{AC}$ [p.u.]	$U_{DC}$ [p.u.]
Vac - Vdc	01:30	14,8	0,990	0,991	23,9	0,960	0,900
	12:45	23,9	0,981	0,989	59,9	0,921	1,200

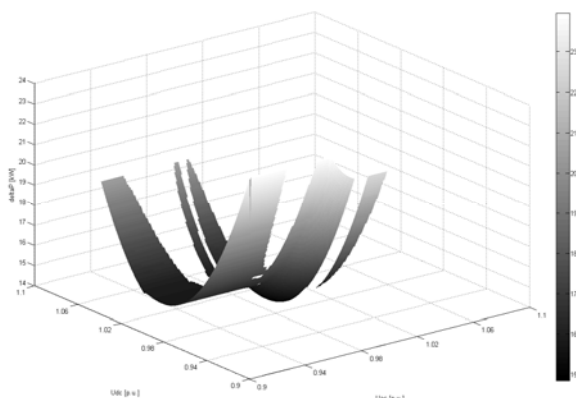
Uwaga! Ujemne wartości mocy czynnej oznaczają przepływ w sieci AC do sieci DC.



Rys. 2. Dopuszczalny obszar pracy CPE w trybie Vac – Vdc dla godziny 01:30



Rys.3. Dopuszczalny obszar pracy CPE w trybie Vac – Vdc dla godziny 12:45



Rys.4. Zmiany strat mocy czynnej w funkcji napięcia przemiennego i napięcia stałego (tryb Vac – Vdc) o godzinie 01:30

Przykładowe, dopuszczalne obszary pracy centralnego przekształtnika energoelektronicznego (CPE) pracującego w trybie Vac – Vdc przedstawiono na Rysunkach 2 i 3. Wykres obrazujący zmiany strat mocy czynnej w funkcji napięcia przemiennego i napięcia stałego (tryb Vac – Vdc) o godzinie 01:30 przedstawia Rysunek 4.

#### Podsumowanie i wnioski końcowe

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych symulacji pozwalają stwierdzić, że najlepszymi, pod względem wykorzystania dopuszczalnego zakresu nastaw parametrów przekształtnika energoelektronicznego (możliwie duże wartości współczynnika  $\omega$ ), są tryby P – Q oraz Vdc – Q. Zadowalające wyniki uzyskano również dla trybów Vac – P oraz Vac – Vdc. Tryb Vac – phi charakteryzował się współczynnikiem wypełnienia obszaru pracy na poziomie 0,029% dla godziny 01:30 oraz 0,016% dla godziny 12:45. Tak niskie wartości współczynnika  $\omega$  praktycznie dyskwalifikują ten tryb pracy przekształtnika. Dla trybów Vdc – phi oraz PWM – phi nie udało się ani razu poprawnie wykonać obliczeń rozpiływowych.

Pod względem minimalizacji strat mocy w hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia najlepszymi do zastosowania trybami pracy przekształtnika są tryby Vdc – Q oraz Vac – Vdc, charakteryzującymi się niewielkimi różnicami pomiędzy minimalnym i maksymalnym poziomem strat. Tryb P – Q pomimo największej wartości współczynnika  $\omega$  charakteryzował się dość dużą różnicą maksymalnych i minimalnych strat mocy.

Należy zauważyć, że przeprowadzone przez autora obliczenia symulacyjne zostały przeprowadzone dla konkretnego dnia w roku. Zmieniające się warunki pogodowe i zapotrzebowanie odbiorców na moc mogą mieć istotny wpływ na zdefiniowanie dopuszczalnego obszaru pracy przekształtnika AC/DC w każdym z dostępnych trybów. Aby w pełni wykorzystać potencjał hybrydowych mikro sieci niskiego napięcia w zakresie minimalizacji strat mocy układ sterowania przekształtnika powinien na bieżąco monitorować zapotrzebowanie odbiorców na moc oraz stopień generacji mikroźródeł i na tej podstawie dokonywać zmiany nastaw przekształtnika sprzęgającego część stało- i przemiennoprądową tego typu mikro sieci. W skrajnych przypadkach należy również rozważyć zmianę trybu pracy przekształtnika, jednak wymaga to przeprowadzenia dodatkowych badań uwzględniających dynamikę zmian podczas takiej operacji.

Zdaniem autora, po przeprowadzeniu analizy uzyskanych wyników, centralny przekształtnik energoelektroniczny hybrydowej mikro sieci niskiego napięcia powinien pracować w trybie Vdc – Q stanowiącym kompromis pomiędzy maksymalizacją współczynnika  $\omega$  oraz minimalizacją strat mocy.

**Autor:** mgr inż. Łukasz Rokicki, Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, E-mail: lukasz.rokicki@ien.pw.edu.pl

#### LITERATURA

- [1] Hybrid AC/DC Microgrids: A Bridge to Future Energy Distribution Systems, <https://www.acs.eonerc.rwth-aachen.de/cms/E-ON-ERC-ACS/Forschung/Abgeschlossene-Projekte/~euwe/HYBRID-AC-DC-MICROGRIDS-A-BRIDGE-TO-FUT/lidx/1/>, (aktualne w dniu 07.02.2016r.)
- [2] Unamuno E., Barrera J. A., Hybrid ac/dc microgrids – Part I: Review and classification of topologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52 (2015), 1251-1259
- [3] Xiong L., Peng W., Poh Chiang L., A Hybrid AC/DC Microgrid and Its Coordination Control, *IEEE Transactions on smart grid*, 2 (2011), Issue 2, 278-286
- [4] Ding D., Gao F., Zhang S., Poh Chiang L., Blaabjerg F., Control of hybrid AC/DC microgrid under islanding operational conditions, *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy*, 2 (2014), Issue 2, 223-232
- [5] Poh Chiang L., Ding L., Yi Kang C., Blaabjerg F., Autonomous Operation of Hybrid Microgrid With AC and DC Subgrids, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28 (2013), Issue 5, 2214-2223
- [6] Mikro sieci niskiego napięcia. Praca zbiorowa pod redakcją Mirosława Parola, OWPW, Warszawa, (2013)
- [7] PowerFactory v. 15.1 Manual (DIgSILENT Technical Documentation). DIgSILENT GmbH
- [8] <http://www.meteo.waw.pl/hist.pl> (aktualne w dniu 12.02.2016r.)
- [9] <http://www.pse.pl/index.php?dzid=77> (aktualne w dniu 12.02.2016r.)