

Wpływ impedancji sieci niskiego napięcia na pracę energetycznych, równoległych filtrów aktywnych kontrolowanych przy użyciu dwóch różnych algorytmów sterowania

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań symulacyjnych równoległych, energetycznych filtrów aktywnych pracujących w sieciach o różnych mocach zwarciovych. Porównano typowy układ równoległego filtra aktywnego, pracujący w oparciu o pomiar odkształcenia prądu odbiornika z układem pracującym na bazie identyfikacji odkształceń napięcia sieci.

Abstract. The articles presents the results of a simulation research on the Parallel Active Power Filters (PAPF) in networks of various impedances. A typical, most often used device of an APF working on the basis of the current distortion has been compared with the device working on the basis of the identification of the network's voltage distortion. (The influence of low voltage network's impedance on parallel active power filter's performance controlled with the use of two different control algorithms).

Słowa kluczowe: Napięciowe równoległe filtry aktywne, analiza porównawcza, wyższe harmoniczne, kompensacja aktywna

Keywords: Voltage-based Parallel Active Power Filters (VPAPF), comparative analysis, harmonic pollutions, active compensation

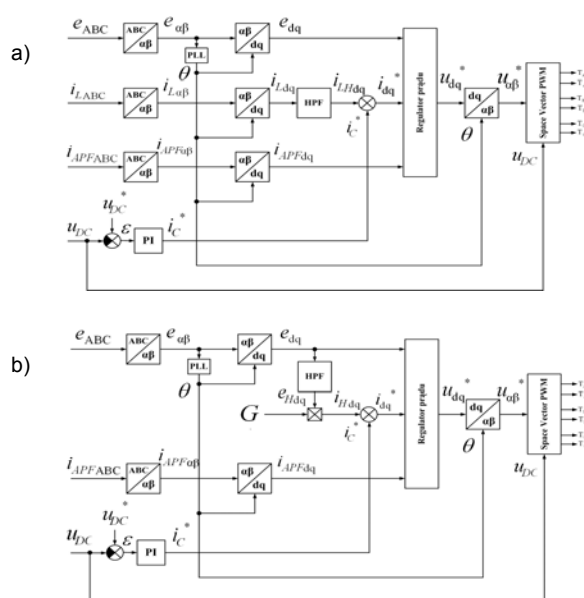
Wstęp

Problem wyższych harmonicznych w przebiegach napięcia i prądu zasilającego jest bardzo powszechny i aktualny. Ciągły wzrost liczby odbiorników o nieliniowej charakterystyce prądowo-napięciowej powoduje pobór coraz bardziej odkształconych prądów zasilających, co skutkuje powstawaniem niesinusoidalnych spadków napięcia na impedancji sieci zasilającej i w rezultacie prowadzi do niekorzystnych dla systemu zasilającego odkształceń napięcia na zaciskach przyłączeniowych [1-3]. Istnieje wiele metod walki z tego rodzaju zaburzeniami, z czego jednym z najbardziej nowoczesnych jest stosowanie energetycznych filtrów aktywnych [1, 2]. Z przyczyn praktycznych, najczęściej stosowanymi układami są filtry równoległe. Ich zadaniem jest analiza w czasie rzeczywistym przebiegu prądu pobieranego przez nieliniowy odbiornik energii, wydzielenie składowej odkształcającej i wprowadzenie jej w przeciwfazie do wybranego węzła tak, aby wyższe harmoniczne prądu generowane przez odbiornik zamykały się w obwodzie filtra aktywnego, nie przedostając się do sieci zasilającej. Taki algorytm sterowania filtrem aktywnym jest prosty w implementacji, jednak jest w stanie skutecznie tłumić harmoniczne prądu jedynie w sytuacji, gdy ich źródłem jest odbiornik energii. Jeśli zaś zaburzenia pochodzą od strony sieci, tak sterowany układ nie jest w stanie skutecznie poprawić jakości zasilania [4].

Inna, rzadziej stosowana metoda sterowania równoległym filtrem aktywnym polega na detekcji odkształceń napięcia w linii zasilającej i wprowadzanie do wybranego węzła sieci prądu o przebiegu proporcjonalnym do składowej odkształcającej to napięcie. Taki układ zachowuje się jak selektywna konduktancja G , zwierająca niepożądane harmoniczne napięcia w rozpatrywanym węźle [2, 4-6]. Zaletą tak sterowanych filtrów aktywnych jest możliwość kompensowania zaburzeń niezależnie od tego, czy pochodzą od strony odbiornika czy od strony zasilania, zatem mogą być one stosowane z powodzeniem w rozgałęzionych sieciach zasilających zawierających wiele różnych odbiorników nieliniowych [4-6]. Są one jednak trudniejsze w implementacji, bowiem wymagają przeprowadzenia szczegółowej analizy stabilności [6, 7].

Artykuł opisuje wyniki porównawczej analizy pracy równoległych filtrów aktywnych kontrolowanych według dwóch odmiennych algorytmów sterowania: typowego, opartego o identyfikację odkształceń prądu pobieranego

przez odbiornik (Parallel Active Power Filter – PAPF) oraz alternatywnego, polegającego na identyfikacji odkształceń napięcia sieci (Voltage-based Parallel Active Power Filter – VPAPF). Algorytmy te przedstawiono na rysunku 1.

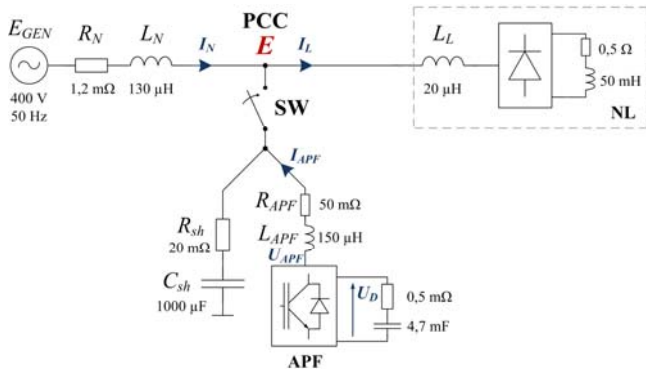


Rys. 1. Algorytm sterowania równoległym APF, a) w układzie klasycznym; b) w układzie napięciowym

Istotą badań była ocena skuteczności działania tych układów w sieciach o różnej impedancji zwarciovych, bowiem od jej wartości zależy podatność danej sieci na odkształcenia napięcia.

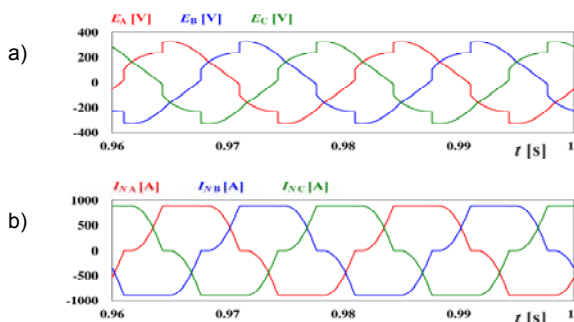
Założenia i warunki badań symulacyjnych

Badania symulacyjne przeprowadzono w układzie trójfazowej sieci energetycznej niskiego napięcia (400 V, 50 Hz) o znamionowej mocy zwarciovych 4,11 MVA. Sieć obciążono nieliniowym odbiornikiem energii w postaci sześciopulsowego prostownika diodowego z obciążeniem RL o mocy 638 kVA, podłączonego do sieci za pośrednictwem dławików L_L o indukcyjności 20 μH . Do punktu przyłączeniowego (PCC) włączano równoległy filtr aktywny, sterowany naprzemiennie według algorytmu typowego (PAPF) i napięciowego (VPAPF).



Rys. 2. Rozpatrywany model sieci z obciążeniem nieliniowym i równoległym filtrem aktywnym

W celu zapewnienia jednakowych warunków pracy i dokonania miarodajnego porównania rezultatów badań, oba układy sterowania posiadały identyczny blok pętli synchronizacji fazowej PLL, takie same nastawy regulatora napięcia w obwodzie DC falownika, te same nastawy filtra podstawowej harmonicznej (cyfrowy, inwersyjny filtr górnoprzepustowy drugiego rzędu o nieskończonej odpowiedzi impulsowej w wirującej ramce dq), ten sam modulator SVPWM (o częstotliwości kluczowania 50 kHz) oraz taki sam regulator prądu. Elementem wykonawczym filtra aktywnego był falownik napięcia z pojemnościowym zasobnikiem energii w obwodzie DC. Filtr podłączono do PCC za pośrednictwem rzeczywistego dławika o znanych parametrach L_{APF} i R_{APF} wynoszących kolejno 150 μH i 50 m Ω . W obu przypadkach był on bocznikowany tłumikiem RC [1, 4, 7]. Opisaną sytuację ilustruje rysunek 2.



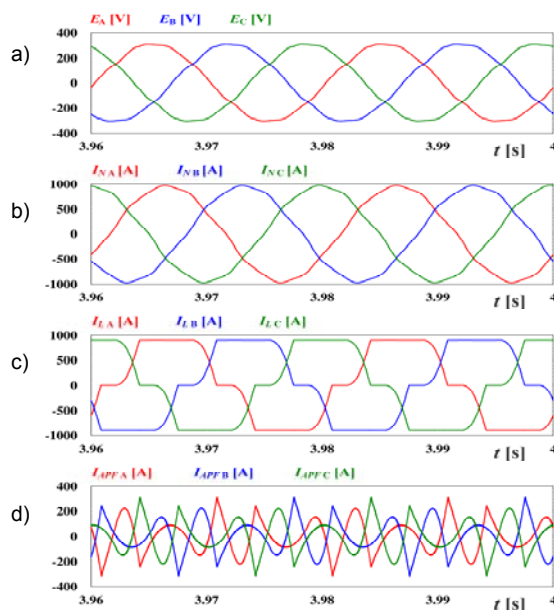
Rys. 3. Przebiegi czasowe napięć i prądów sieci, bez obecności filtra aktywnego: a) napięcie sieci; b) prąd sieci

Przebieg badań i rezultaty

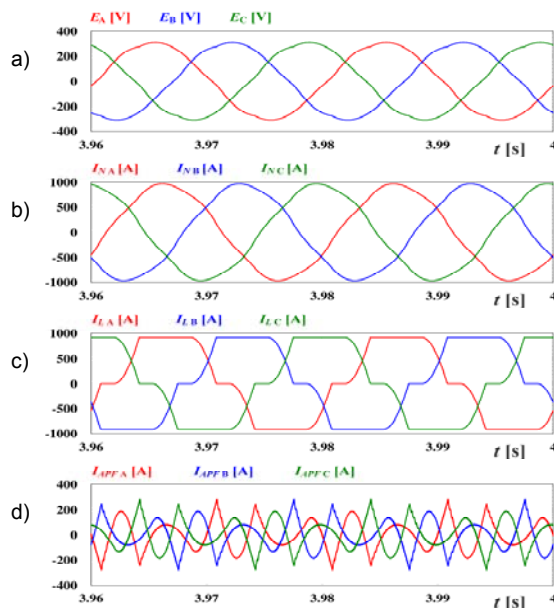
Przeprowadzono badania w układzie sieci niskiego napięcia jak na rys. 2. Przy znamionowej wartości impedancji sieci i przy braku kompensatora, zawartość harmonicznych w przebiegach napięcia i prądu sieci wyniosła kolejno $THDE_N = 10,8\%$ i $THDI_N = 13,5\%$ (rys. 3). Następnie podłączono równoległy filtr aktywny, kolejno o typowym (PAPF) i napięciowym (VPAPF) sterowaniu, czego rezultatem było znaczne obniżenie odkształceń analizowanych przebiegów. Ich współczynniki zawartości harmonicznych wyniosły w tym przypadku $THDE_N = 2,29\%$ i $THDI_N = 2,62\%$ dla sterowania PAPF (rys. 4) oraz $THDE_N = 2,50\%$ i $THDI_N = 3,68\%$ dla sterowania VPAPF (rys. 5). Obie metody sterowania wykazały w warunkach znamionowych zbliżoną skuteczność tłumienia niepożądanych składowych częstotliwości.

Badania powtórzono zgodnie z powyższym schematem, zmieniając moduł impedancji sieci (rezystancję i indukcyjność) od 0,25 do 4-krotności wartości znamionowej z krokiem 0,25, zmieniając tym samym moc

zwarcia w sieci w granicach od 16,3 do 1,03 MVA. Wyniki zestawiono w tabeli 1 oraz zilustrowano na rysunkach 6 (dla napięć sieci) i 7 (dla prądów sieci).



Rys. 4. Przebiegi czasowe napięć i prądów sieci, przy zastosowaniu klasycznego, równoległego filtra aktywnego: a) napięcie sieci; b) prąd sieci; c) prąd obciążenia; d) prąd kompensatora



Rys. 5. Przebiegi czasowe napięć i prądów sieci, przy zastosowaniu napięciowego, równoległego filtra aktywnego: a) napięcie sieci; b) prąd sieci; c) prąd obciążenia; d) prąd kompensatora

Przy braku kompensatora, odkształcenie napięcia zwiększa się ze wzrostem impedancji sieci. Maleje natomiast odkształcenie prądu, ponieważ zwiększona indukcyjność sieci determinuje wzrost reaktancji na drodze pobieranego prądu, zmniejszając tym samym amplitudy jego wyższych harmonicznych.

Po dołączeniu filtra aktywnego o typowym, prądowym sterowaniu, można zaobserwować znaczne obniżenie zawartości harmonicznych dla małych wartości impedancji sieci. Jednak wraz z jej wzrostem skuteczność filtracji wyraźnie maleje, a dla bardzo miękkiej sieci kompensacja

zaburzeń z zastosowaniem typowego algorytmu sterowania (PAPF) jest praktycznie bezcelowa.

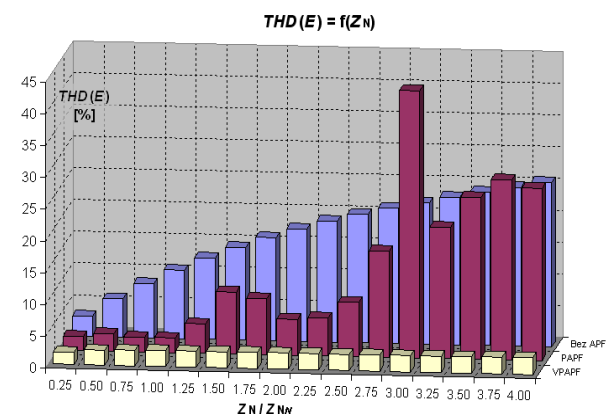
Tabela 1. Zestawienie wartości współczynnika THD dla przebiegów prądów i napięć sieci przy różnych wartościach impedancji zwarciowej sieci, przy braku oraz w obecności PAPF i VPAPF

	Parametry sieci			Bez APF			PAPF			VPAPF		
	R _N [mΩ]	L _N [μH]	S _k [MVA]	THD _{E_N} [%]			THD _{I_N} [%]					
0.25 · Z _N	0,300	32,5	16,4	3,22%	2,21%	1,93%	15,9%	4,25%	11,2%			
0.50 · Z _N	0,600	65,0	8,22	6,04%	2,72%	2,33%	15,0%	3,64%	6,85%			
0.75 · Z _N	0,900	97,5	5,48	8,53%	2,30%	2,45%	14,2%	2,69%	4,81%			
1.00 · Z _N	1,20	130	4,11	10,8%	2,29%	2,50%	13,5%	2,62%	3,68%			
1.25 · Z _N	1,50	163	3,29	12,8%	4,63%	2,52%	12,8%	4,29%	2,97%			
1.50 · Z _N	1,80	195	2,74	14,6%	9,75%	2,53%	12,2%	7,46%	2,49%			
1.75 · Z _N	2,10	228	2,35	16,2%	8,82%	2,54%	11,6%	5,77%	2,14%			
2.00 · Z _N	2,40	260	2,06	17,7%	5,67%	2,55%	11,1%	3,62%	1,88%			
2.25 · Z _N	2,70	293	1,83	19,0%	6,00%	2,55%	10,6%	3,79%	1,68%			
2.50 · Z _N	3,00	325	1,65	20,2%	8,55%	2,55%	10,1%	5,16%	1,51%			
2.75 · Z _N	3,30	358	1,50	21,3%	16,7%	2,56%	9,66%	9,32%	1,38%			
3.00 · Z _N	3,60	390	1,37	22,3%	42,1%	2,57%	9,27%	23,1%	1,30%			
3.25 · Z _N	3,90	423	1,27	23,2%	20,7%	2,58%	8,93%	10,2%	1,38%			
3.50 · Z _N	4,20	455	1,18	24,1%	25,5%	2,58%	8,62%	13,3%	1,11%			
3.75 · Z _N	4,50	488	1,10	25,0%	28,3%	2,66%	8,34%	14,0%	1,52%			
4.00 · Z _N	4,80	520	1,03	25,9%	27,1%	2,66%	8,09%	12,6%	1,41%			

Dodatkowo, dla przypadków w których impedancja sieci wynosiła 1,5 oraz 3-krotność jej wartości znamionowej, można dostrzec znaczący wzrost wartości współczynników THD, zarówno dla napięcia i dla prądu sieci. Przyczyną tego stanu rzeczy jest powstanie zjawiska rezonansu. Przy odpowiednich wartościach indukcyjności sieci i pojemności tłumika bocznikującego C_{sh}, zgodnie z zależnością

$$(1) \quad f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{|Z_N|}{|Z_{NN}|} \cdot L_N \cdot C_{sh}}}$$

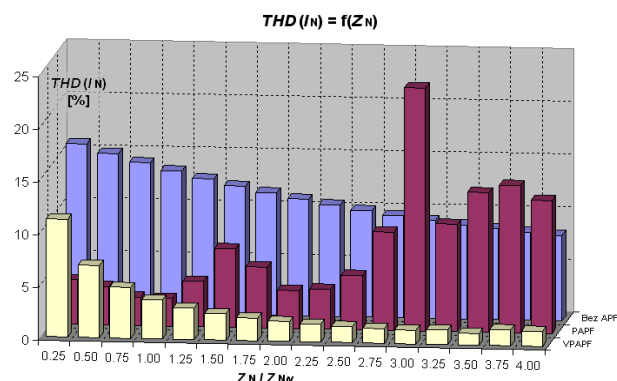
pojawiają się oscylacje o częstotliwościach kolejno 360 Hz (blisko siódmej harmonicznej) i 255 Hz (bardzo blisko piątej harmonicznej). Względem punktu PCC, te oscylacje pochodzą od strony zasilania, dlatego typowy PAPF nie był w stanie ich stłumić [4, 8]. Współczynnik $|Z_N|/|Z_{NN}|$ w (1) oznacza krotność wartości modułu impedancji sieci w odniesieniu do wartości znamionowej.



Rys. 6. Wartości współczynnika THD napięcia sieci przy różnych wartościach modułu impedancji sieci

W tych samych warunkach układ VPAPF zachowuje się wyraźnie inaczej. Przy małych impedancjach sieci tłumia harmoniczne napięcia w podobnym stopniu jak PAPF. Jednak wzrost modułu impedancji nie wpływa w tym przypadku na skuteczność filtracji, utrzymując wartość THD

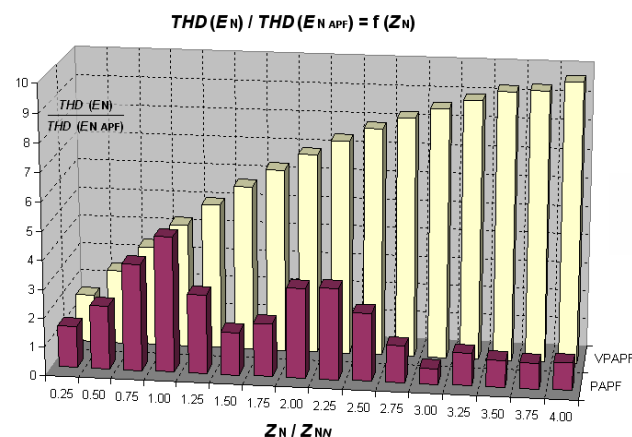
napięcia na poziomie około 2,5 %. Układ pracuje w sieci miękziej z zadowalającą skutecznością. Dodatkową i bardzo ważną zaletą filtra VPAPF jest bardzo efektywne tłumienie powstałych oscylacji rezonansowych. Natomiast tłumienie harmonicznych prądu wypada mniej korzystnie dla sieci sztywnej (z porównaniu z PAPF), co determinuje zakres stosowalności układów PAPF i VPAPF.



Rys. 6. Wartości współczynnika THD prądu sieci przy różnych wartościach modułu impedancji sieci

Tabela 2. Zestawienie wartości współczynnika osłabienia odkształceń prądów i napięć sieci przy różnych wartościach impedancji zwarciowej sieci

	Parametry sieci			PAPF		VPAPF	
	R _N [mΩ]	L _N [μH]	S _k [MVA]	THD _{E_N} / THD _{E_NAPF}		THD _{I_N} / THD _{I_NAPF}	
0.25 · Z _N	0,300	32,5	16,4	1,45	1,67	3,74	1,42
0.50 · Z _N	0,600	65,0	8,22	2,22	2,59	4,13	2,19
0.75 · Z _N	0,900	97,5	5,48	3,71	3,48	5,29	2,96
1.00 · Z _N	1,20	130	4,11	4,70	4,31	5,15	3,67
1.25 · Z _N	1,50	163	3,29	2,76	5,07	2,99	4,31
1.50 · Z _N	1,80	195	2,74	1,49	5,75	1,63	4,89
1.75 · Z _N	2,10	228	2,35	1,84	6,37	2,01	5,41
2.00 · Z _N	2,40	260	2,06	3,12	6,94	3,06	5,88
2.25 · Z _N	2,70	293	1,83	3,17	7,45	2,80	6,31
2.50 · Z _N	3,00	325	1,65	2,36	7,92	1,96	6,69
2.75 · Z _N	3,30	358	1,50	1,28	8,32	1,04	7,00
3.00 · Z _N	3,60	390	1,37	0,530	8,68	0,401	7,13
3.25 · Z _N	3,90	423	1,27	1,12	8,99	0,875	6,47
3.50 · Z _N	4,20	455	1,18	0,945	9,34	0,648	7,77
3.75 · Z _N	4,50	488	1,10	0,883	9,40	0,596	5,49
4.00 · Z _N	4,80	520	1,03	0,956	9,74	0,642	5,74



Rys. 8. Wartości współczynnika osłabienia odkształceń napięcia sieci przy różnych wartościach modułu impedancji zwarciowej sieci

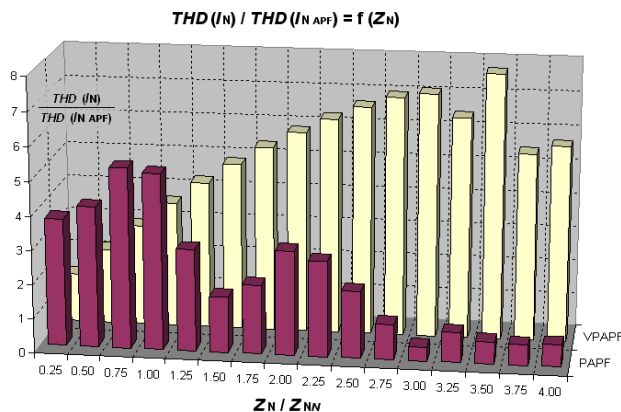
Dla lepszego zobrazowania skuteczności działania zastosowanych filtrów aktywnych we wszystkich

rozpatrywanych wariantach, wprowadzono współczynnik osłabienia deformacji K_{DAMP} , zdefiniowany jako stosunek wartości współczynnika THD (napięcia lub prądu) w układzie sieci bez filtra aktywnego do wartości tego współczynnika w obecności filtra aktywnego:

$$(2) \quad K_{DAMP}(E_N) = \frac{THD(E_N)}{THD(E_{N_APF})}$$

$$(3) \quad K_{DAMP}(I_N) = \frac{THD(I_N)}{THD(I_{N_APF})}$$

Wartości wprowadzonych współczynników dla każdego wariantu przedstawiono w tabeli 2 i zobrazowano na rysunkach 8 (dla napięcia sieci) i 9 (dla prądu sieci).



Rys. 9. Wartości współczynnika osłabienia odkształceń prądu sieci przy różnych wartościach modułu impedancji zwarcia sieci

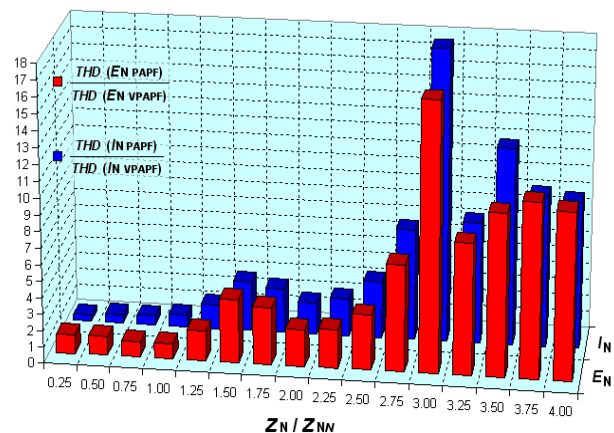
Kompensator sterowany przy użyciu klasycznego algorytmu PAFP wykazuje wyraźną poprawę kształtu napięcia i prądu i wypada najkorzystniej w okolicach znamionowej impedancji sieci (niemal pięciokrotna poprawa kształtu przebiegów). Przy zwiększaniu tej impedancji współczynnik tłumienia odkształceń wykazuje tendencję spadkową, a przy trzykrotnie większej od znamionowej wartości impedancji współczynnik ten przyjmuje wartości mniejsze od jedności.

Z kolei zastosowanie algorytmu sterowania VPAPF sprawia, że ze wzrostem impedancji sieci współczynnik tłumienia odkształceń zawsze rośnie, zapewniając w rozpatrywanym zakresie zmian impedancji ponad dziesięciokrotną poprawę kształtu przebiegu napięcia i ponad siedmiokrotną poprawę kształtu prądu sieci, niż w przypadku bez APF.

Tabela 3. Porównanie skuteczności filtracji układów PAFP i VPAPF

	Parametry sieci			PAFP vs VPAPF	
	R_N	L_N	S_N	$THD_{E_N \text{ PAFP}}$	$THD_{I_N \text{ PAFP}}$
	[mΩ]	[μH]	[MVA]	$THD_{E_N \text{ VPAPF}}$	$THD_{I_N \text{ VPAPF}}$
$0,25 \cdot Z_N$	0,300	32,5	16,4	1,15	0,380
$0,50 \cdot Z_N$	0,600	65,0	8,22	1,17	0,531
$0,75 \cdot Z_N$	0,900	97,5	5,48	0,939	0,559
$1,00 \cdot Z_N$	1,20	130	4,11	0,918	0,712
$1,25 \cdot Z_N$	1,50	163	3,29	1,84	1,44
$1,50 \cdot Z_N$	1,80	195	2,74	3,85	2,99
$1,75 \cdot Z_N$	2,10	228	2,35	3,47	2,69
$2,00 \cdot Z_N$	2,40	260	2,06	2,23	1,92
$2,25 \cdot Z_N$	2,70	293	1,83	2,35	2,26
$2,50 \cdot Z_N$	3,00	325	1,65	3,35	3,42
$2,75 \cdot Z_N$	3,30	358	1,50	6,52	6,75
$3,00 \cdot Z_N$	3,60	390	1,37	16,4	17,8
$3,25 \cdot Z_N$	3,90	423	1,27	8,02	7,39
$3,50 \cdot Z_N$	4,20	455	1,18	9,88	12,0
$3,75 \cdot Z_N$	4,50	488	1,10	10,6	9,21
$4,00 \cdot Z_N$	4,80	520	1,03	10,2	8,94

$$THD(E_N / I_N \text{ PAFP}) / THD(E_N / I_N \text{ VPAPF}) = f(Z_N)$$



Rys. 10. Porównanie skuteczności filtracji układów PAFP i VPAPF

Porównanie PAFP i VPAPF

W celu jeszcze bardziej obrazowego porównania efektów pracy odmiennie sterowanych kompensatorów, wprowadzono kolejny współczynnik, zdefiniowany jako iloraz THD (dla napięcia lub prądu sieci) przy użyciu PAFP do wartości THD przy użyciu VPAPF (tabela 3, rys. 10).

Dla impedancji sieci w okolicach wartości znamionowej oba kompensatory wykazują podobną skuteczność tłumienia odkształceń. Wartości nowo wprowadzonych współczynników wynoszą blisko jedności, jednak ze wzrostem wartości impedancji wykazują wyraźną tendencję zwyżkową. Dla bardzo miękkich sieci układ VPAPF wykazuje ponad dziesięciokrotnie wyższą skuteczność tłumienia niepożądanych składowych niż układ PAFP.

Podsumowanie

Przedstawione wyniki badań symulacyjnych dwóch równoległych filtrów aktywnych, o sterowaniu prądowym i napięciowym, pracujących w sieciach energetycznych niskiego napięcia o różnych impedancjach ukazują znaczącą różnicę między tymi dwoma układami. W sieciach sztywnych, w których napięcie nie ulega znacznym deformacjom pomimo silnie odkształconych prądów zasilających, tradycyjne i proste w implementacji równoległe filtry aktywne spełniają swoje zadanie w stopniu zadowalającym. Natomiast w sieciach miękkich, w których napięcie jest bardziej podatne na odkształcenie, praca niektórych odbiorników może stać się nawet niemożliwa (przykładem może być sieć w szpitalu zasilana z agregatu awaryjnego, gdzie dla niektórych urządzeń jakość zasilania jest niezwykle istotna). W tym przypadku zastosowanie znajduje proponowane rozwiązanie sterowania równoległym kompensatorem. Rozwiązanie to pozwala na przywrócenie sinusoidalnego kształtu nie tylko prądu pobieranego z sieci, ale również napięcia w punkcie przyłączenia takiego układu filtra aktywnego. Ponadto, może być ono stosowane również w sieciach rozgałęzionych, tłumiąc zaburzenia pochodzące od strony zasilania. W przeciwieństwie do filtrów pasywnych, rozwiązanie to jest nie tylko odporne na działania zjawisk rezonansowych, ale dodatkowo może skutecznie tłumić takie oscylacje. Jest ono jednak znacznie trudniejsze w implementacji od klasycznie sterowanych PAFP, bowiem jego praktyczna aplikacja wymaga każdorazowo przeprowadzenia analizy stabilności. Jednakże, ze względu na korzyści jakie niesie za sobą stosowanie tak sterowanych równoległych filtrów aktywnych, warto

rozważyć zarówno prowadzenie badań rozwojowych, jak i działań wdrożeniowych w temacie tych układów.

Autor: mgr inż. Piotr Grugel, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy imienia Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy, Wydział Telekomunikacji, Informatyki i Elektrotechniki, Instytut Inżynierii Elektrycznej, Al. Prof. Sylwestra Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, E-mail: p.gr@utp.edu.pl

LITERATURA

- [1] Akagi H., Watanabe E.H., Aredes M., Instantaneous power theory and applications to power conditioning, *IEEE Press* 2007
- [2] Strzelecki R., Supronowicz H., Filtracja harmonicznych w sieciach zasilających prądu przemiennego, *Wyd. Adam Marszałek*, Toruń 1999
- [3] Hanzelka Z., Jakość dostawy energii elektrycznej, zaburzenia wartości skutecznej napięcia, *Wyd. AGH*, Kraków 2013
- [4] Grugel P., Strzelecki R., Kłosowski Z., Analiza porównawcza równoległych energetycznych filtrów aktywnych – typowego (prądowego) i napięciowego, pracujących w sieciach o różnych topologiach, *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 7/2015
- [5] Cheng P.T., Lee T.L., Distributed Active Filter Systems (DAFSs): A New Approach to Power System Harmonics, *IEEE Transactions on Industry Applications*, Vol. 42, No. 5, 2006
- [6] Huan Y.Z., Du Y., A Novel Shunt Active Power Filter Based on Voltage Detection for Harmonic Voltage Mitigation, *IEEE* 2007
- [7] Grugel P., Strzelecka N., Problem stabilności energetycznych, równoległych napięciowych filtrów aktywnych. *Przegląd Elektrotechniczny*, nr 12/2014
- [8] Chen Z., Blaabjerg F., Pederson J. K., Harmonic Resonance Damping with A Hybrid Compensation System in Power Systems with Dispersed Generation, *35th Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 2004

Konkurs dla uczczenia pamięci Profesora Jerzego I. Skowrońskiego

Szanowni Państwo,

Upamiętniamy, że w 2016 roku odbędzie się XXVI Konkurs im. Profesora Jerzego I. Skowrońskiego na najlepszą pracę dyplomową z zakresu elektrotechnologii, wysokich napięć i materiałów elektrotechnicznych.

1. Cel Konkursu:

Rozwijanie nowoczesnej krajowej elektrotechnologii i materiałoznawstwa elektrotechnicznego dla uczczenia pamięci Profesora Jerzego I. Skowrońskiego, twórcy polskiej szkoły materiałoznawstwa elektrotechnicznego.

2. Uczestnictwo:

Pracę dyplomową do Konkursu może zgłosić absolwent wyższej uczelni, opiekun pracy dyplomowej, dziekan wydziału. Temat pracy dyplomowej powinien być związany z elektrotechnologią, materiałoznawstwem elektrotechnicznym i techniką wysokich napięć.

Do Konkursu można zgłosić pracę dyplomową obronioną w roku ogłoszenia Konkursu.

Przy zgłaszaniu udziału w Konkursie należy przedstawić:

- pracę dyplomową, w wersji elektronicznej - przesłaną pocztą elektroniczną oraz wersję papierową przesłaną na adres podany poniżej,
 - opinię opiekuna i recenzenta o pracy dyplomowej,
 - w przypadku pracy zespołowej należy podać udział autorów w realizacji pracy,
 - ankietę wypełnioną przez dyplomanta lub zgłaszającego pracę (zał. nr 1),
- Autorzy nagrodzonych prac zaproszeni zostaną do przedstawienia swoich wyników w dniu rozdania nagród, tj. 9 grudnia 2016.

3. Zgłaszanie prac:

Prace wraz z dokumentacją wymienioną w pkt.2 należy przesłać na adres:

Instytut Elektrotechniki Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego
ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61
50-369 Wrocław
z dopiskiem:
KONKURS PKME SEP

PKME przyjmuje zgłoszenia w terminie do 2 listopada 2016. Ogłoszenie wyników Konkursu oraz rozdanie nagród odbędzie się 9 grudnia 2016 na zebraniu PKME SEP.

Proszę o rozpropagowanie tej informacji w swoim środowisku.

Informacje o konkursie dostępne są także na stronie WWW: <http://pkmesep.wixsite.com/pkme/xxvi-edycja>

Łączę wyrazy szacunku,
Andrzej Sikora

dr hab. inż. Andrzej Sikora, prof. IEI
Z-ca Dyrektora ds. Współpracy z Przemysłem
Kierownik Pracowni Pomiarów i Diagnostyki

Instytut Elektrotechniki
Oddział Technologii i Materiałoznawstwa Elektrotechnicznego we Wrocławiu
ul. M. Skłodowskiej-Curie 55/61
50-369 Wrocław
sikora@iel.wroc.pl, tel. 71 328 30 61 wew. 326