



MICHAŁ LEWANDOWSKI, ANNA PIWOWAR
SILESIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, POLAND

OPTIMALIZACJA PRĄDU ENERGETYCZNEGO FILTRU AKTYWNEGO DLA WYBRANEGO WĘZŁA SIECI ZASILAJĄCEJ

OPTIMIZATION OF ACTIVE POWER FILTER CURRENT FOR SELECTED BUS OF POWER SUPPLYING NETWORK

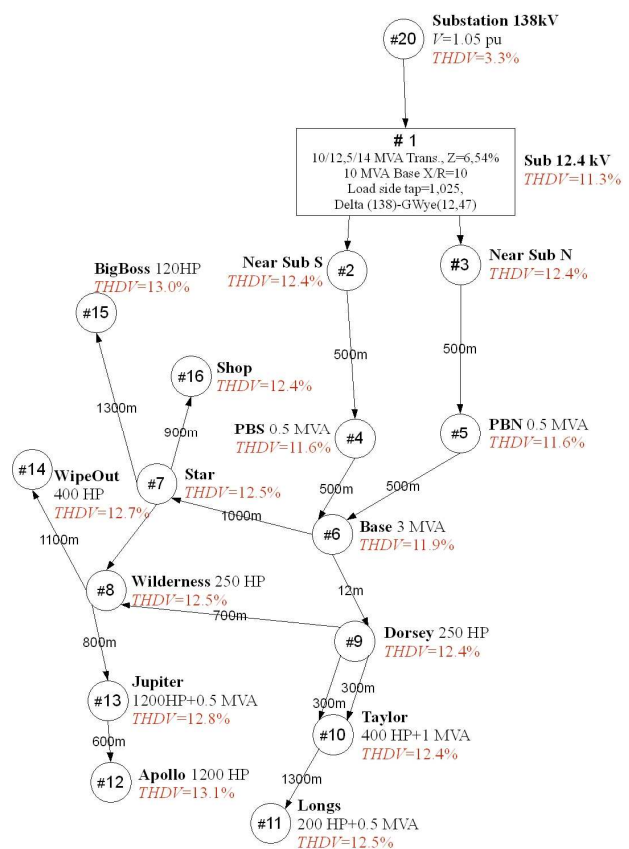
Wstęp

Przedstawione w artykule zagadnienia dotyczą tematu poprawy jakości energii elektrycznej. Dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii powoduje szybki wzrost liczby odbiorników o nieliniowej charakterystyce prądowo-napięciowej. Skutkuje to pojawieniem się zniekształceń prądów i napięć zasilających spowodowanych obecnością wyższych harmonicznych [1].

Redukcja zniekształceń prądów i napięć w systemach elektroenergetycznych wymaga stosowania dodatkowych pasywnych lub aktywnych kompensatorów np. energetycznych filtrów aktywnych (EFA) [3]. Ważnym problemem jest lokalizacja oraz dobór parametrów kompensatorów, zapewniających osiągnięcie pożądanego efektów przy najmniejszym nakładzie kosztów finansowych oraz najmniej skomplikowanych strukturach układów filtracyjnych [5]. Zaproponowana w niniejszej pracy procedura optymalizacyjna dotyczy optymalizacji wybranych parametrów elektrycznych systemu zasilania (prądów EFA bądź wartości THD napięcia w wybranym węźle sieci) i została zaimplementowana w środowisku Matlab/PCFLO [4].

1. ANALIZOWANY SYSTEM ZASILANIA

Do rozważań wybrano system zasilania stacji narciarskiej składający się z 20 węzłów (rys. 1), w których poprzez prostowniki sześciopulsowe zasilane są maszyny wyciągowe [2]. Stanowią one źródło wyższych harmonicznych prądu, które mają wpływ na zniekształcenia napięcia (THDV) we wszystkich węzłach systemu. Częstotliwościowy model systemu został zaimplementowany w środowisku PCFLO, które umożliwia analizę rozptyłu harmonicznych w danym systemie zasilania [2]. Dzięki współpracy z nadrzędnym programem Matlab [4] możliwe było wyznaczanie parametrów EFA podłączonego do wybranego węzła systemu. Kompensacja wyższych harmonicznych polegała na umieszczeniu idealnego kompensatora EFA w węźle o maksymalnej wartości współczynnika zniekształceń napięciowych THDV (węzeł nr 12 - Apollo). Kompensator EFA został zamodelowany w postaci źródła prądowego o zadanym widmie. Widmo prądu kompensatora zostało wyznaczone przez algorytm optymalizacyjny zgodnie z przyjętymi funkcjami celu. Otrzymane wyniki zostały porównane z rozwiązaniem uzyskanym dla układu bez kompensatorów EFA.



Rys.1. System testowy – wartości współczynnika THDV przed optymalizacją

2. OPTIMALIZACJA PRĄDU EFA

Ogólna postać zadania optymalizacyjnego w postaci:

$$\min_x f(x), \quad (1)$$

z ograniczeniami nierównościami:

$$c(x) \leq 0, \quad (2)$$

została wykorzystana do wyznaczenia widma prądu kompensatora EFA.

W artykule rozważono dwa warianty zadania optymalizacyjnego. Pierwszy wariant polegał na minimalizacji harmonicznych prądu kompensatora w węźle o największych zniekształceniach THDV (węzeł nr 12 - Apollo). Dla tego wariantu funkcja celu przyjmuje następującą postać:

$$\min_I f_1(I) = \min_{\{I^A\}} |I^A| = \min_{\{I_h^A\}} \sqrt{\sum_{h=2}^H |I_h^A|^2}, \quad (3)$$

gdzie:

I^A – wektor zespolonych wartości prądów poszczególnych harmonicznych kompensatora EFA umieszczonego w węźle Apollo,

h – numer kolejnej harmonicznej,

H – liczba rozważanych harmonicznych.

W drugim przypadku minimalizacji podlegał współczynnik zniekształceń napięciowych THDV w węźle nr 12 - Apollo. W tym przypadku funkcja celu przyjmuje postać:

$$\min_I f_2(I) = \min_{\{I^A\}} THDV^A(I^A), \quad (4)$$

gdzie $THDV^A$ oznacza współczynnik zawartości wyższych harmonicznych napięcia dla węzła Apollo.

Zadania optymalizacyjne rozwiązane zostały przy następujących ograniczeniach:

– ograniczenie wynikające z maksymalnej wartości skutecznej prądu kompensatora w węźle Apollo (funkcje $f_1(I)$ oraz $f_2(I)$):

$$|I^A| - |I^A|_{\max} \leq 0, \quad |I^A|_{\max} = 1 \text{ pu}, \quad (5)$$

– ograniczenie wynikające z dopuszczalnej wartości współczynnika THDV napięcia w węźle 12-Apollo (funkcja $f_1(x)$).

$$THDV^A - THDV^A_{\max} \leq 0, \quad THDV^A_{\max} = 5\%. \quad (6)$$

Wyniki optymalizacji zostały przedstawione w tabeli 1. Obliczenia przeprowadzono do 40 harmonicznej łącznie ($H=40$).

Tabela 1.

Zniekształcenia napięciowe i prądowe wybranych węzłów systemu bez filtru EFA oraz z filtrem EFA w węźle 12-Apollo dla dwóch zadań optymalizacyjnych f_1 i f_2

w	name	bez EFA		z EFA f_1		z EFA f_2	
		THDV %	THDI %	THDV %	THDI %	THDV %	THDI %
1	Sub 12.47kV	11.3	11.0	4.8	6.9	1.8	1.5
10	Taylor	12.4	29.7	5.3	29.7	1.9	29.7
11	Longs	12.5	29.7	5.4	29.7	2.1	29.7
12	Apollo	13.1	29.7	5.0	30.3	0.4	75.6
13	Jupiter	12.8	29.7	5.3	29.7	1.4	29.7
15	BigBoss	13.0	29.7	6.1	29.7	2.9	29.7
20	Sub 138kV	3.3	11.0	1.4	6.9	0.5	1.5

Analizując dane przedstawione w tabeli 1 można zauważyć, że dla funkcji celu $f_1(I)$ osiągnięto zmniejszenie wartości współczynnika THDV w węźle Apollo do

zakładanej wartości 5% kosztem niewielkiego wzrostu zniekształceń THDI prądu dopływającego do tego węzła. W przypadku funkcji $f_2(I)$ współczynnik THDV przyjął wartość 0.4%, jednakże odbyło się to kosztem znacznego wzrostu THDI do wartości 75.6% (węzeł Apollo). Można również zauważyć, że współczynnik THDV w pozostałych węzłach systemu uległ wyraźnemu zmniejszeniu w sposób analogiczny, jak ma to miejsce dla węzła Apollo. Widoczny jest także wyraźny spadek zniekształceń zarówno prądu jak i napięcia od strony przyłącza zasilającego system (węzły Sub 138kV i Sub 12.47 kV).

3. PODSUMOWANIE

Zastosowanie jednego kompensatora EFA o parametrach wyznaczonych z zastosowaniem zaproponowanej metody optymalizacyjnej pozwoliło znacząco zmniejszyć zniekształcenia napięcia w rozważanym systemie zasilania. Spadek zniekształceń napięcia był okupiony wzrostem zniekształceń prądów w niektórych punktach systemu. Od strony przyłącza zasilającego zaobserwowano spadek zniekształceń zarówno napięcia jak i prądu.

4. LITERATURA

1. Arrillaga J., Watson N.R., *Power system harmonics*, John Wiley & Sons, Ltd, England, 2003.
2. Grady W. M., *Dokumentacja pakietu PCFLO v6.0* (<http://users.ece.utexas.edu/~grady/>), 2012.
3. IEEE Std 519-1992, *IEEE Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems*.
4. Lewandowski M., Maciążek M., Grabowski D., *Integration of Matlab and PCFLO for harmonic flow analysis in a power system containing APF*, Proc. of XXXIV IC-SPETO, Ustroń, Poland, pp. 89-90, 2011.
5. Wang Yan-song, Shen Hua, Liu Xue-min, Liu Jun, Gou Song-bo, *Optimal allocation of the active filters based on the TABU algorithm in distribution network*, Proc. of Int. Conf. ICECE, pp. 1418-1421, 2010.

5. ABSTRACT

The paper presents results of optimization of active power filter (APF) parameters connected to a selected bus of a power supplying network. In the optimization process power filter currents are minimized with respect to voltage harmonic distortions (THDV) at the APF connection bus. Results showed, that the APF parameters significantly change not only the THDV on the connection bus but also on the other system busses. Simulation has been performed using Matlab and PCFLO software.

dr inż. Michał Lewandowski
dr inż. Anna Piwowar

Politechnika Śląska
Wydział Elektryczny
ul. Akademicka 10
44-100 Gliwice

e-mails: michal.lewandowski@polsl.pl
anna.piwowar@polsl.pl

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010/2013 - projekt numer N N510 257338.