

Dawid BUŁA

ALGORYTM STEROWANIA HYBRYDOWYM ENERGETYCZNYM FILTREM AKTYWNYM W UKŁADZIE Z FILTREM PASYWNYM DLA JEDNEJ WYBRANEJ HARMONICZNEJ^{*)}

STRESZCZENIE *W artykule przedstawiono propozycję układu trójfazowego hybrydowego energetycznego filtra aktywnego w konfiguracji z filtrem pasywnym dla jednej harmonicznej. Zaprezentowano koncepcję algorytmu sterowania dla analizowanego układu pozwalającego na filtrację wybranych harmonicznych. Pokazano także porównanie proponowanego rozwiązania z układami filtrów pasywnych, energetycznymi filtrami aktywnymi i układami hybrydowymi (w konfiguracji standardowej). W pracy przedstawiono analizę proponowanego rozwiązania a wnioski poparto odpowiednimi symulacjami.*

Słowa kluczowe: wyższe harmoniczne, energetyczne filtry aktywne, hybrydowe energetyczne filtry aktywne

1. WSTĘP

Filtracja wyższych harmonicznych jest zagadnieniem niezwykle istotnym z punktu widzenia jakości energii elektrycznej. Przepływ wyższych harmonicznych w sieciach zasilających może powodować szereg niekorzystnych skutków,

^{*)} Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2008-2010 jako projekt badawczy N N510 384435.

mgr inż. Dawid BUŁA
e-mail: dawid.bula@polsl.pl

Instytut Elektrotechniki Przemysłowej i Informatyki, Politechnika Śląska

między innymi: przeciążenia sieci, przeciążenia przewodów neutralnych, przedwczesne starzenie się generatorów, silników oraz baterii kondensatorów, groźne awarie i zakłócenia wrażliwych urządzeń [13].

Stosowane tradycyjne środki zaradcze, jakimi są rezonansowe filtry pasywne [6, 8, 11] z powodu skończonej dobroci nie zawsze wystarczają. Dodatkowo w układach z filrami pasywnymi może dochodzić do niebezpiecznych i niekontrolowanych rezonansów. Jednak podstawową wadą takiego rozwiązania jest zależność właściwości filtrujących od parametrów sieci.

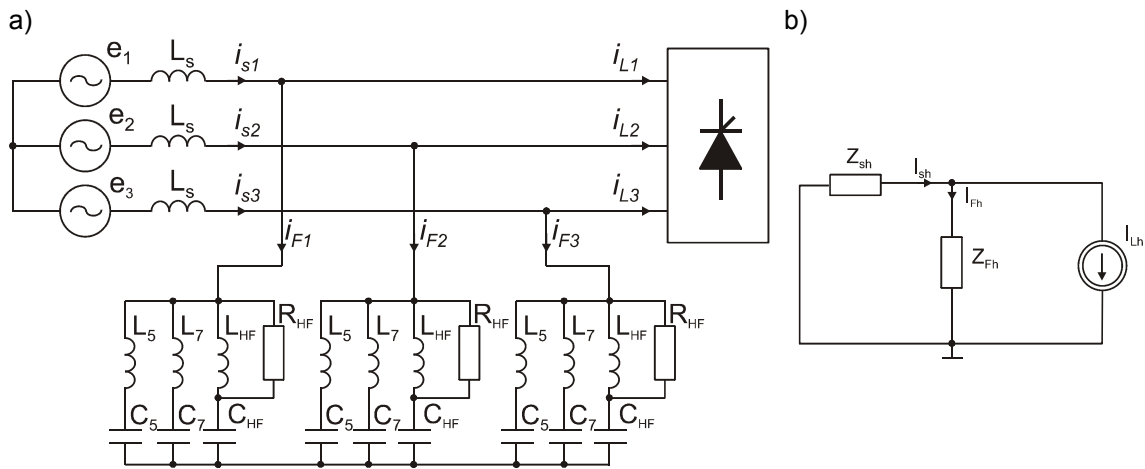
Dużo lepsze właściwości filtrujące zapewniają energetyczne filtry aktywne (EFA) [2, 4, 7, 11], które wykorzystują układy energoelektroniczne jako źródła prądu lub napięcia. Układy te, w szczególności dla większych mocy, są ciągle jeszcze rozwiązaniem drogim. Dlatego też dla sieci o wyższym napięciu stosuje się układy hybrydowe [2, 3, 6, 8], stanowiące połączenie obu rozwiązań. Z jednej strony energetyczny filtr aktywny poprawia właściwości filtrujące, z drugiej natomiast zastosowanie filtra pasywnego pozwala obniżyć wymaganą moc maksymalną układu EFA.

Ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie układu hybrydowego z filtrem jednej harmonicznej [2, 5, 9, 10, 12]. Wykorzystanie takiego układu w sieci niskiego lub średniego napięcia pozwoli na obniżenie wymaganej mocy układu energetycznego filtra aktywnego (w stosunku do układu pracującego bez filtra pasywnego), co jednocześnie znacznie obniży jego cenę. Ponadto zastosowanie filtra pasywnego jednej harmonicznej oraz brak konieczności stosowania transformatorów pośredniczących, wymaganych w układach wysokich napięć, pozwoli na zmniejszenie gabarytów i wagi urządzenia oraz na dalsze obniżenie kosztów.

2. FILTRACJA WYŻSZYCH HARMONICZNYCH

Podstawowymi układami do filtracji wyższych harmonicznych w sieciach zasilających prądu przemiennego są rezonansowe filtry pasywne. Układy te złożone są najczęściej z szeregowo połączonych kondensatorów i dławików. Liczba gałęzi zależy od liczby filtrowanych harmonicznych. Dla częstotliwości powyżej harmonicznych dominujących stosuje się także filtry RLC (elementy L_{HF} , C_{HF} , R_{HF} na rys. 1a).

Filtry pasywne dla częstotliwości podstawowej mają charakter pojemnościowy, dlatego też pełnią one rolę kompensatora mocy biernej podstawowej harmonicznej. Dobór elementów LC przeprowadza się na podstawie warunku rezonansu (1) oraz wymaganej mocy biernej (2) dla podstawowej harmonicznej.



Rys. 1. Przykładowy układ 3-fazowy z podłączonym filtrem pasywnym LC: a) schemat układu, b) jednofazowy schemat zastępczy dla wyższych harmonicznych

$$L_h = \frac{1}{\omega_h^2 C_h}, \tag{1}$$

$$Im\{Z_F\} = -\frac{|U_1|^2}{Q_1}, \tag{2}$$

gdzie: L_h, C_h – wartości elementów dla poszczególnych harmonicznych, $|U_1|$ - wartość skuteczna napięcia na filtrze dla pierwszej harmonicznej, Q_1 – moc bierna podstawowej harmonicznej, Z_F – impedancja filtru.

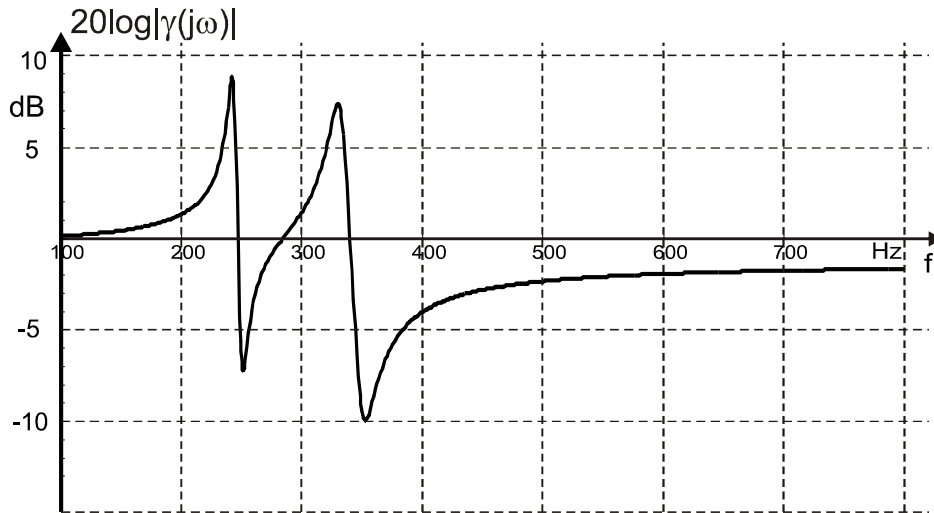
Właściwości układu można opisać za pomocą współczynnika tłumienia wyższych harmonicznych prądu odbiornika [8]:

$$\gamma(s) = \frac{I_{sh}(s)}{I_{odbh}(s)} = \frac{Z_{Fh}(s)}{Z_{Fh}(s) + Z_{sh}(s)}, \tag{3}$$

gdzie: Z_{Fh} – impedancja filtru, Z_{sh} – impedancja sieci.

Z analizy zależności (3) wynika, że współczynnik tłumienia wyższych harmonicznych zależy od impedancji sieci (Z_{sh}), przy czym jest on mniejszy dla sieci o większej impedancji, co jest jedną z podstawowych wad filtrów pasywnych. Dodatkowo należy zwrócić uwagę na efekt rezonansów z impedancją sieci widocznych na rysunku 2 (maksima na charakterystyce), co może być problemem w przypadku pojawienia się w sieci częstotliwości, dla których rezo-

nansie te zachodzą. Dla wybranych harmoniczných (w tym przypadku 5 i 7) współczynnik osiąga wartości minimalne, co zapewnia tłumienie dla tych częstotliwości.

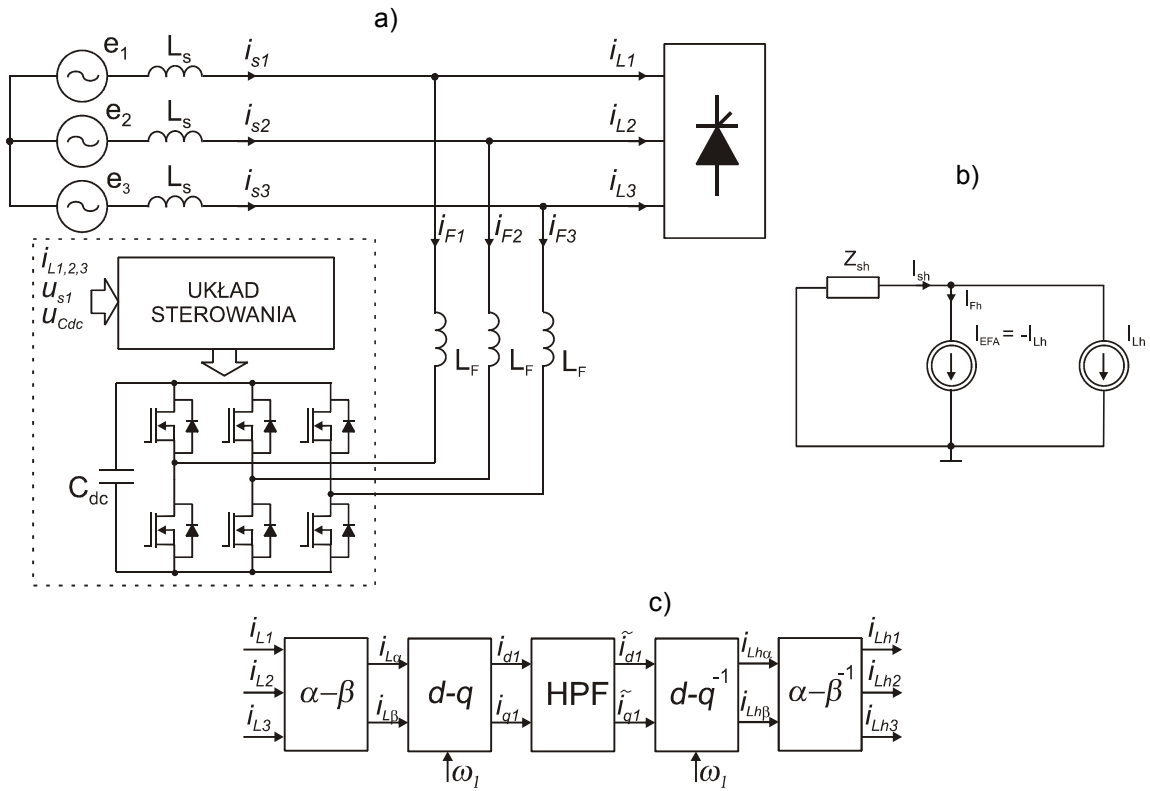


Rys. 2. Charakterystyka częstotliwościowa modułu współczynnika tłumienia wyższych harmoniczných dla rezonansowego filtra pasywnego

W ostatnich latach coraz bardziej popularne stają się energetyczne filtry aktywne (z ang. *Active Power Filter*). Na rysunku 3 pokazano schemat równoległego układu EFA. Układ ten ma za zadanie wygenerowanie prądów i_F o takim kształcie, aby skompensowały one niekorzystne składniki prądów odbiornika i w efekcie przez źródło przepływał prąd sinusoidalny.

Jako źródło prądu (lub napięcia w innej konfiguracji) stosowane są tutaj układy energoelektroniczne, a układ sterowania złożony jest zazwyczaj z procesora sygnałowego (DSP).

Algorytm sterowania ma w tym przypadku za zadanie wyznaczenie niekorzystnych składników prądu odbiornika. Do tego celu najczęściej stosowane są algorytmy wykorzystujące teorię mocy chwilowej [1] lub jej uogólnienia. Algorytm przedstawiony na rysunku 3c korzysta z przekształcenia do współrzędnych wirujących [4] i wykorzystuje transformację Clarke'a (4), transformację Park'a (5), filtry górnoprzepustowe (HPF) oraz transformaty odwrotne (6),(7). Transformata Park'a powoduje przesunięcie charakterystyk zastosowanych filtrów o częstotliwość ω_n [10] (w tym przypadku ω_1), w wyniku czego składowa podstawowa prądu odbiornika zostaje odfiltrowana (jeśli funkcja $\cos(\omega_1 t)$ jest w fazie z napięciem $e_1(t)$), a wyznaczone prądy i_{Lh} zawierają jedynie wyższe harmoniczných prądów odbiornika.



Rys. 3. Przykładowy układ 3-fazowy z podłączonym energetycznym filtrem aktywnym: a) schemat układu, b) jednofazowy schemat zastępczy dla wyższych harmonicznych, c) algorytm sterowania

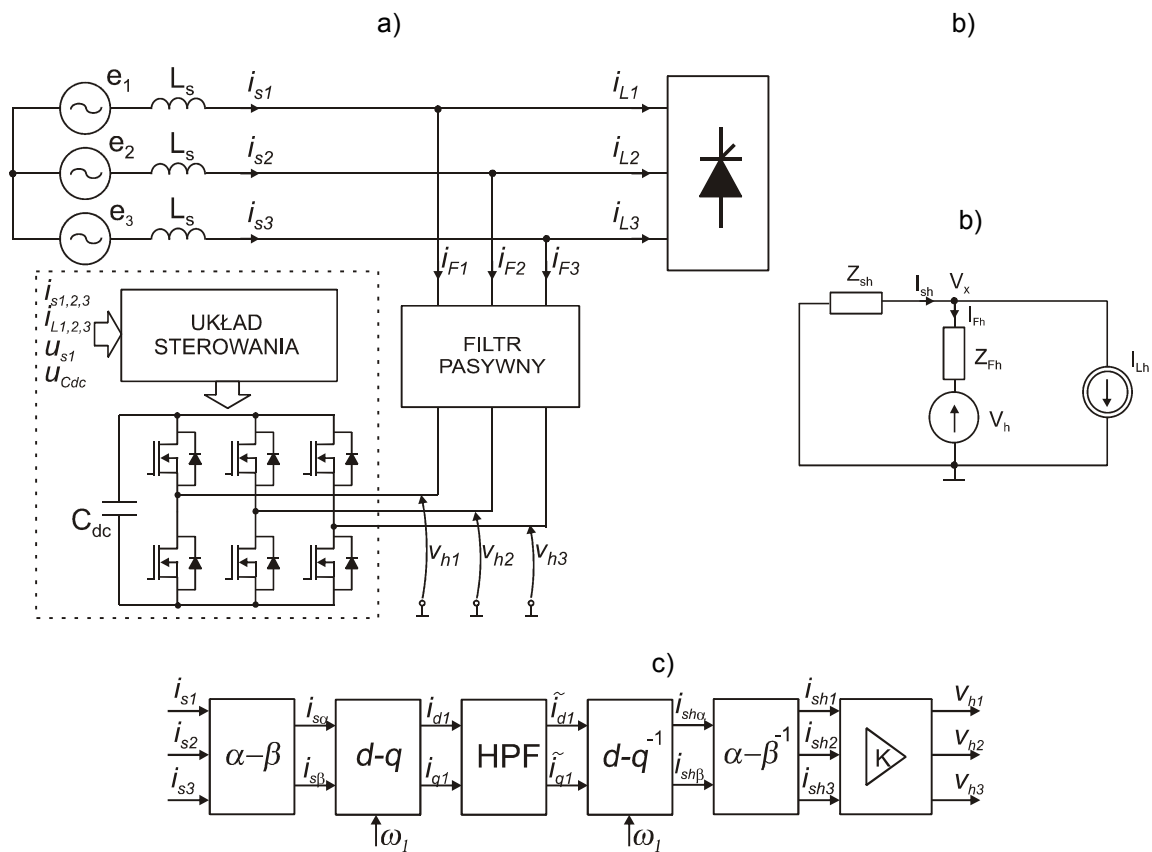
$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix}, \tag{4}$$

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega_n t) & \sin(\omega_n t) \\ -\sin(\omega_n t) & \cos(\omega_n t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}, \tag{5}$$

$$\begin{bmatrix} i_{ah} \\ i_{\beta h} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\omega_n t) & -\sin(\omega_n t) \\ \sin(\omega_n t) & \cos(\omega_n t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tilde{i}_d \\ \tilde{i}_q \end{bmatrix}, \tag{6}$$

$$\begin{bmatrix} i_{1h} \\ i_{2h} \\ i_{3h} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{\alpha h} \\ i_{\beta h} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Układami łączącymi zalety filtrów pasywnych oraz energetycznych filtrów aktywnych są układy hybrydowe [3, 6, 8] (z ang. *Hybrid Active Power Filter*). W układach takich podstawowym elementem filtrującym jest rezonansowy filtr pasywny, a układ EFA powoduje poprawę jego właściwości. Jednocześnie wymagana moc pozorna układu energetycznego filtru aktywnego jest znacznie mniejsza niż w przypadku konfiguracji z samym układem EFA [6, 10]. Przykładowy układ hybrydowy został przedstawiony na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowy układ 3-fazowy z podłączonym hybrydowym energetycznym filtrem aktywnym: a) schemat układu, b) jednofazowy schemat zastępczy dla wyższych harmonicznych, c) algorytm sterowania

Napięcie układu EFA w tym przypadku wynosi:

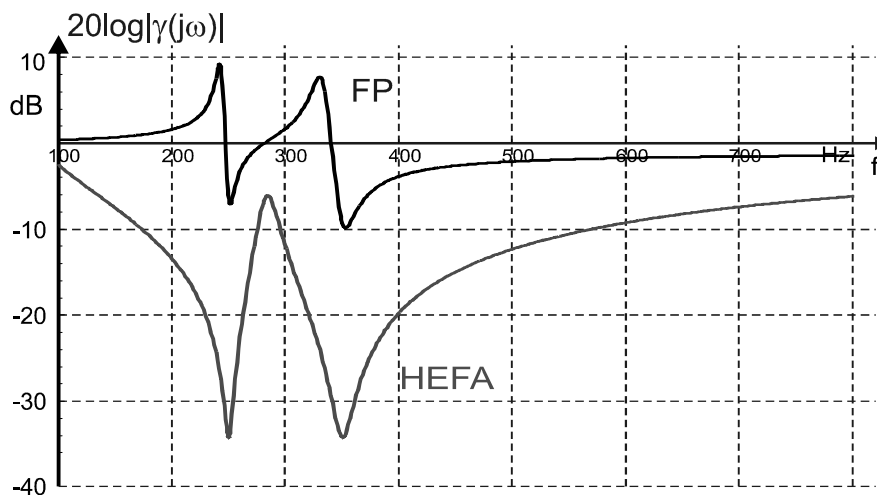
$$V_h = KI_{sh} . \tag{8}$$

Przyjmując nieidealne wyznaczenie wartości wyższych harmonicznego prądu sieci (wynikające z algorytmu sterowania) współczynnik tłumienia wyższych harmonicznego przyjmuje postać:

$$\gamma(s) = \frac{I_{sh}(s)}{I_{odbh}(s)} = \frac{Z_{Fh}(s)}{Z_{Fh}(s) + Z_{sh}(s) + K_1(s)K} , \tag{9}$$

gdzie: $K_1(s)$ jest transmitancją zastosowanego filtra przesuniętą w dziedzinie częstotliwości o $j\omega_1$:

$$K_1(s) = K_{HPF}(s - j\omega_1) . \tag{10}$$

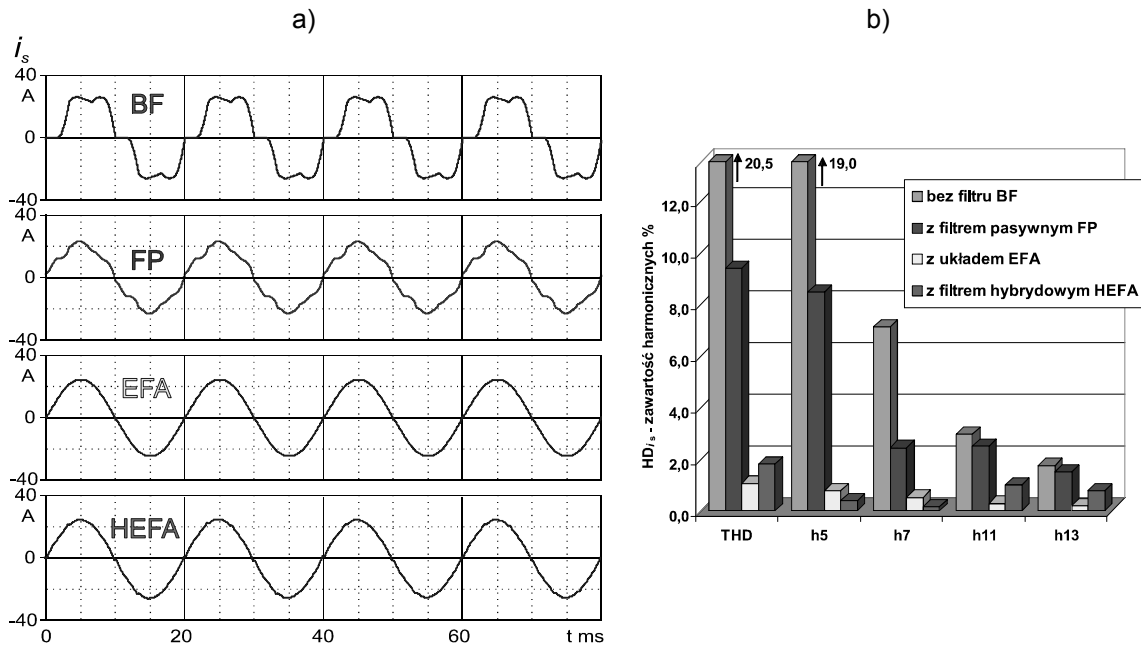


Rys. 5. Charakterystyka częstotliwościowa modułu współczynnika tłumienia wyższych harmonicznego dla filtra pasywnego PF oraz filtra hybrydowego HEFA (K=20)

Na rysunku 5 przedstawiono porównanie współczynnika tłumienia wyższych harmonicznego rezonansowego filtra pasywnego i układu hybrydowego. Widać tutaj wyraźną poprawę właściwości filtrujących w stosunku do filtra pasywnego. Dodatkową zaletą układu jest także niewielki wpływ impedancji sieci na właściwości filtrujące układu hybrydowego [3, 6, 8].

Na rysunku 6 przedstawiono porównanie wyniku filtracji w przypadku rezonansowego filtra pasywnego, energetycznego filtra aktywnego i układu hybrydowego. Wartość współczynnika zawartości wyższych harmonicznego THD_{is}

dla poszczególnych przypadków potwierdza bardzo dobre właściwości filtrujące układu EFA oraz porównywalne układu hybrydowego HEFA.



Rys. 6. Porównanie wyników filtracji: a) przebiegi czasowe, b) zawartość wyższych harmonicznych.

3. UKŁAD HYBRYDOWY Z FILTREM PASYWNYM DLA JEDNEJ HARMONICZNEJ

Większość proponowanych rozwiązań hybrydowych energetycznych filtrów aktywnych łączących szeregowo filtry pasywne i napięciowe energetyczne filtry aktywne (rys.7a) zawiera filtry pasywne zestrojone do najczęściej występujących harmonicznych tj. 5, 7, 11, 13. Zadaniem energetycznego filtra aktywnego jest w tym przypadku polepszenie właściwości filtrów pasywnych, czyli zwiększenie współczynnika tłumienia dla zestrojonych harmonicznych oraz zmniejszenie wpływu parametrów sieci na właściwości filtrujące. Proponowane rozwiązanie polega na redukcji części pasywnej do filtru dla jednej harmonicznej (7 w tym przypadku) oraz odpowiedniej modyfikacji sterowania układu pozwalającego na kompensację innych wybranych harmonicznych.

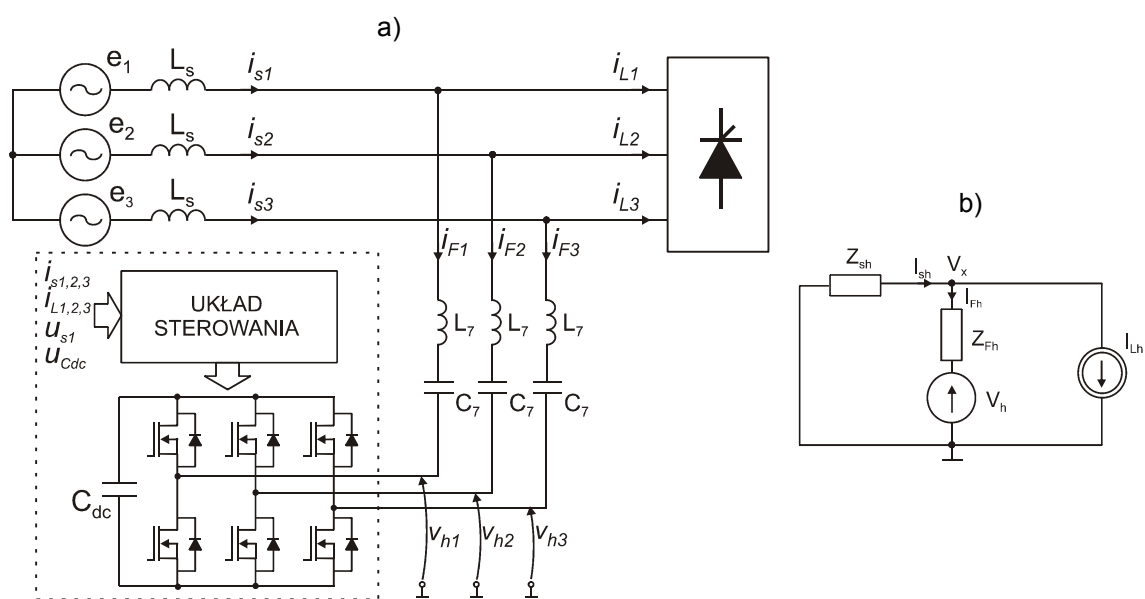
Napięcie sterowanego źródła V_h (układ EFA) przyjmuje w tym przypadku wartość:

$$V_h = KI_{sh} + \sum_{n=5, n \neq 7}^m I_{Lhn} Z_{Fn}, \quad (11)$$

wskutek czego potencjał V_x (rys.7b) dla wybranych harmonicznych będzie równy zero a prąd odbiornika dla tej harmonicznej nie będzie przepływał przez źródło. Dodatkowo układ będzie poprawiał właściwości filtrujące układu pasywnego (w tym przypadku dla 7 harmonicznej).

Zadaniem algorytmu sterowania w tym przypadku jest wyznaczenie wyższych harmonicznych prądu sieci (podobnie jak w przypadku tradycyjnego układu hybrydowego) oraz wyznaczenie wybranych wyższych harmonicznych prądu odbiornika.

Na rysunku 8 pokazano algorytm sterowania dla proponowanego rozwiązania. Należy zwrócić uwagę, że przy wyznaczaniu wartości prądów dla 5 i 11 harmonicznej w transformacji Park'a pojawia się znak minus dla pulsacji ω_5 i ω_{11} . Wynika to z faktu, że harmoniczne 5 i 11 dla układu trójfazowego tworzą układ kolejności przeciwnej i charakterystyki filtrów w układzie sterowania należy przesunąć w kierunku częstotliwości ujemnych.



Rys. 7. Proponowany hybrydowy energetyczny filtr aktywny: a) schemat układu, b) jedno-fazowy schemat zastępczy dla wyższych harmonicznych

Do wyprowadzenia zależności określającej współczynnik tłumienia wyższych harmonicznych można skorzystać z jednofazowego schematu zastępczego dla wyższych harmonicznych, przedstawionego na rysunku 7b, dla którego obowiązują wzory:

$$V_x(s) = -I_{sh}(s)Z_{sh}(s), \tag{12}$$

$$V_x(s) \left(\frac{Z_{sh}(s) + Z_{Fh}(s)}{Z_{sh}(s)Z_{Fh}(s)} \right) = \frac{KI'_{sh}(s) + \sum_{n=5, n \neq 7}^m I'_{Lhn}(s)Z_{Fn}}{Z_{Fh}(s)} - I_{Lh}(s), \quad (13)$$

gdzie:

$$Z_{Fn} = Z_F(j\omega) \Big|_{\omega=\omega_n=n\omega_1} \quad (14)$$

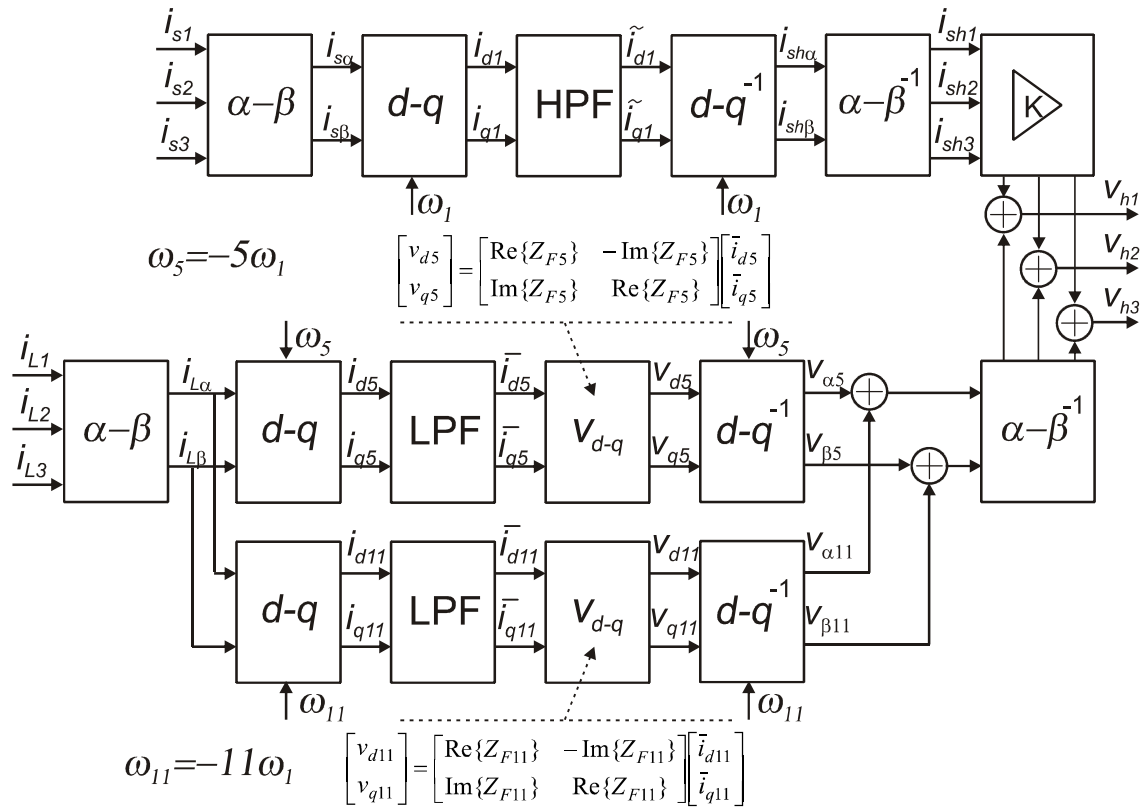
- impedancja filtru pasywnego dla n-tej harmonicznej,

$$I'_{sh}(s) = K_1(s)I_{sh}(s) \quad (15)$$

- wyższe harmoniczne prądu źródła wyznaczone przez układ sterowania,

$$I'_{Lhn}(s) = K_{2n}(s)I_{Lh}(s) \quad (16)$$

- n-te harmoniczne prądu odbiornika wyznaczone przez układ sterowania.



Rys. 8. Algorytm sterowania hybrydowym energetycznym filtrem aktywnym

Transmitancja $K_1(s)$ powstaje wskutek przesunięcia charakterystyki filtra górnoprzepustowego (LPF) wynikającego z transformacji Park'a (5), (6) o częstotliwość ω_1 (17). Natomiast transmitancje $K_{2n}(s)$ wynikają z przesunięcia transmitancji filtrów dolnoprzepustowych (HPF) o częstotliwość ω_n .

$$K_1(s) = K_{HPF}(s - j\omega_1), \quad (17)$$

$$K_{2n}(s) = K_{LPF}(s - j\omega_n). \quad (18)$$

Transmitancje filtrów (w tym przypadku pierwszego rzędu) wynoszą:

$$K_{HPF}(s) = \frac{s}{s + \omega_{c1}}, \quad (19)$$

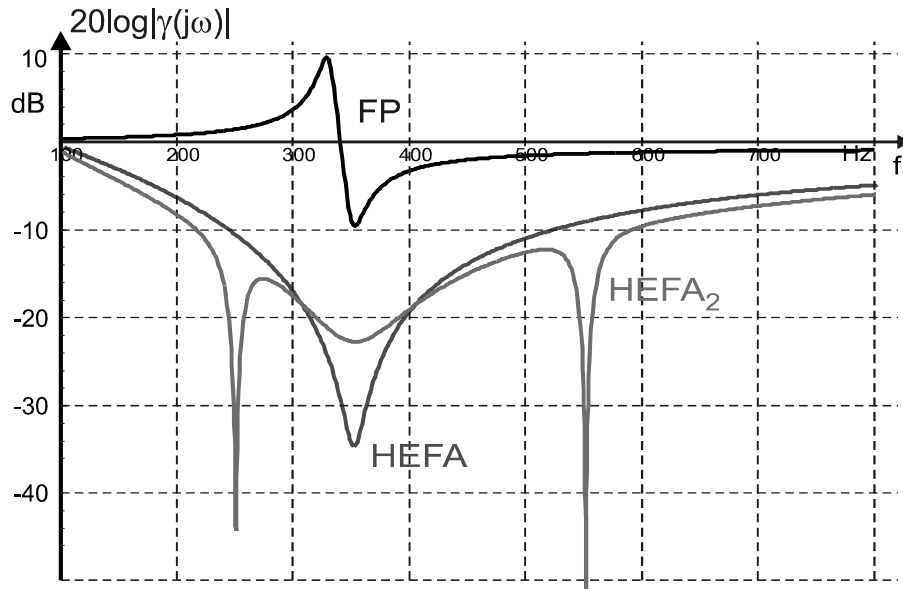
$$K_{LPF}(s) = \frac{\omega_{c2}}{s + \omega_{c2}}. \quad (20)$$

W efekcie końcowym współczynnik tłumienia wyższych harmoniczných przyjmuje postać:

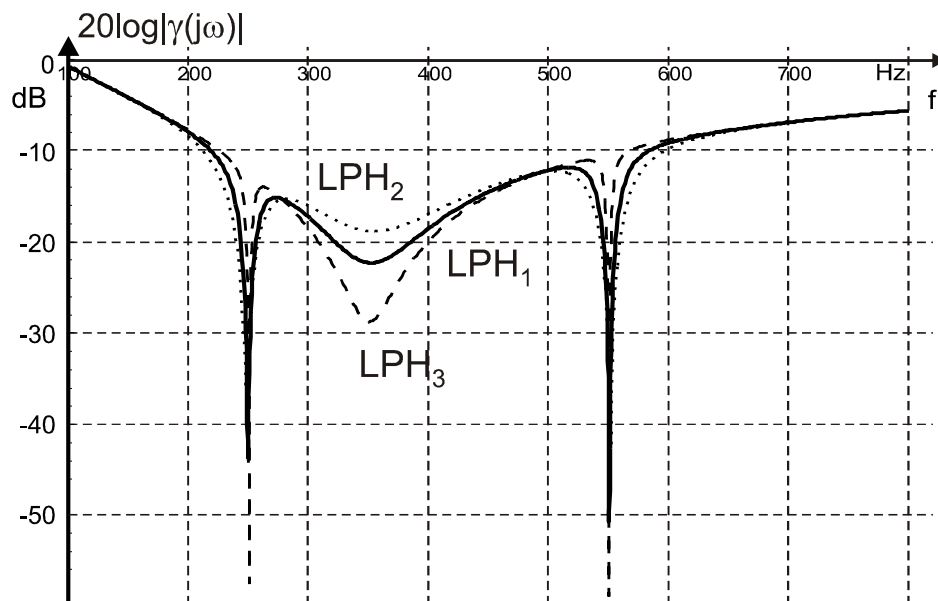
$$\gamma(s) = \frac{I_{sh}(s)}{I_{Lh}(s)} = \frac{Z_F(s) - \sum_{n=5, n \neq 7}^m K_{2n}(s)Z_{Fn}}{Z_F(s) + Z_S(s) + KK_1(s)}. \quad (21)$$

Na rysunku 9 pokazano porównanie współczynnika tłumienia wyższych harmoniczných dla układu pasywnego zestrojonego dla 7 harmoniczných (FP), opartego na nim standardowego układu hybrydowego (HEFA) oraz proponowanego rozwiązania (HEFA₂, dodatkowa filtracja 5 i 11 harmoniczných).

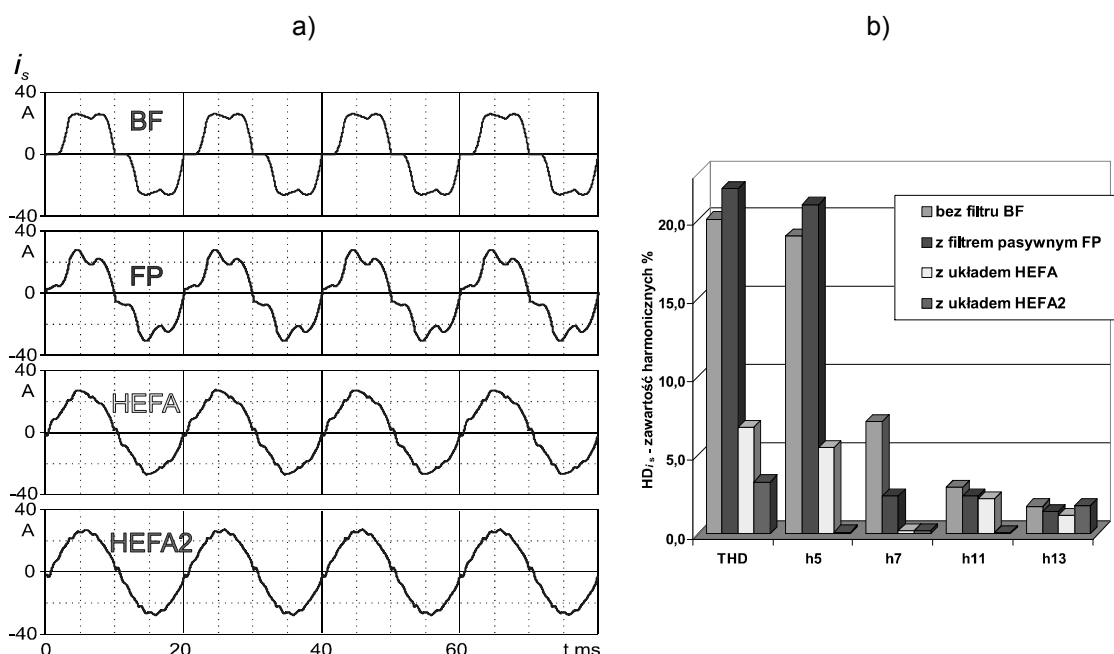
W przypadku proponowanego układu (HEFA₂) można zauważyć wyraźne minima charakterystyki dla wybranych harmoniczných, czyli 5 i 11. Tłumienie dla 7 harmoniczných jest natomiast nieco mniejsze w stosunku do charakterystyki standardowego filtra hybrydowego. Wynika to bezpośrednio z parametrów stosowanych filtrów dolnoprzepustowych w algorytmie sterowania. Na rysunku 10 pokazano porównanie charakterystyk modułu współczynnika tłumienia wyższych harmoniczných dla trzech różnych częstotliwości granicznych filtrów dolnoprzepustowych, zastosowanych w układzie sterowania.



Rys. 9. Porównanie charakterystyk częstotliwościowych modułu współczynnika tłumienia wyższych harmonicznych dla proponowanego rozwiązania (HEFA2) z charakterystykami dla filtra pasywnego (FP) i układu hybrydowego (HEFA)



Rys. 10. Porównanie charakterystyk częstotliwościowych modułu współczynnika tłumienia wyższych harmonicznych przy zastosowaniu różnych filtrów w algorytmie sterowania. LPH₁: $f_{gr} = 15$ Hz, LPH₂: $f_{gr} = 25$ Hz, LPH₃: $f_{gr} = 5$ Hz



Rys.11. Porównanie wyników filtracji: a) przebiegi czasowe, b) zawartość wyższych harmonicznych

Do analizy zaproponowanego rozwiązania wykorzystano symulację układu w pakiecie PSpice dla następujących parametrów:

$$|E_{1,2,3}| = 230 \text{ V}, L_{s1,2,3} = 0,5 \text{ mH}, P_{obc} = 12 \text{ kW},$$

$$L_7 = 8,28 \text{ mH}, C_7 = 25 \mu\text{F}, Q_7 = 22,5,$$

$$K = 20 \Omega, f_{gr\text{ LPF}} = f_{gr\text{ HPF}} = 15 \text{ Hz}.$$

Na rysunku 11 przedstawiono wyniki symulacji dla proponowanego rozwiązania (HEFA2) w porównaniu z wynikami dla filtra pasywnego zestrojonego dla 7 harmonicznej (FP) i zbudowanego na nim układu hybrydowego ze sterowaniem standardowym (HEFA).

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione w pracy rozwiązanie hybrydowego energetycznego filtra aktywnego pozwala na obniżenie wymaganej mocy pozornej części aktywnej w odniesieniu do układu EFA (z 5,8 kV·A do 0,42 kV·A dla symulowanego przykładu). Z drugiej strony, poprzez zastosowanie filtra pasywnego dla jednej harmonicznej możliwe jest obniżenie kosztów i masy części pasywnej. Jednocześnie właściwości filtrujące proponowanego układu niewiele odbiegają od właściwości energetycznych filtrów aktywnych czy układów hybrydowych w konfi-

guracji standardowej. W przedstawionym układzie zastosowano filtr pasywny dla 7 harmonicznej a odpowiednia modyfikacja algorytmu sterowania pozwoliła na redukcję pozostałych dominujących harmoniczných (tj. 5 i 11). Prezentowany algorytm może zostać także rozszerzony o elementy pozwalające na redukcję innych występujących w danym układzie wyższych harmoniczných.

Należy dodać, że przedstawiony algorytm sterownia nie uwzględnia kontroli napięcia na kondensatorze układu energetycznego filtru aktywnego i w przypadku realizacji fizycznej należy dokonać odpowiedniej modyfikacji algorytmu. Istotna też okazać się może wrażliwość algorytmu na zmiany wartości elementów części pasywnej np. wskutek zmian temperatury lub starzenia.

LITERATURA

1. Akagi H., Kanazawa Y., Nabae A.: Generalized theory of the instantaneous reactive power in three-phase circuits. Proc. of the Int. Power Electron. Conf., (JIEE IPEC), pp. 1375-1386, Tokyo/Japan 1983.
2. Akagi H., Srianthumrong S., Tamai Y.: Comparisons in circuit configuration and filtering performance between hybrid and pure shunt active filters. Conf. Rec. IEEE-IAS Ann. Meeting, pp. 1195-1202, 2003.
3. Bhattacharya S., Po-Tai Cheng, Divan D.M.: Hybrid Solution For Improving Passive Filter Performance In High Power Applications. IEEE Transactions on Industry Applications, 33, n.3, pp. 732-747, 1997.
4. Bhattacharya S., Divan D.M.: Synchronous frame based controller implementation for a hybrid series active filter system. Thirtieth IAS Annual Meeting, IAS '95, Conference Record of the 1995 IEEE, 3, pp. 8-12, 1995.
5. Inzunza R., Akagi H.: A 6.6-kV transformerless shunt hybrid active filter for installation on a power distribution system. IEEE Transactions on Power Electronics, Volume 20, Issue 4, pp 893-900, 2005.
6. Pasko M., Buła D.: Hybrydowe energetyczne filtry aktywne. Przegląd Elektrotechniczny nr 7/8, str. 1-5, 2007.
7. Pasko M., Maciążek M., Buła D.: Metody poprawy jakości energii elektrycznej – kształtowanie prądu źródła. Wiadomości Elektrotechniczne, Nr 8, str. 17-24, 2007.
8. Rivas D., Moran L., Dixon J.W., Espinoza J.R.: Improving passive filter compensation performance with active techniques. IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 50 no. 1, pp 161-170, 2003.
9. Skramlik J.; Valouch V.: Combined feedback and feedforward control strategy of parallel hybrid filter. International Conference on Industrial Technology, 2004. IEEE ICIT '04, 2004 IEEE, Vol. 1, 8-10, pp. 449-453, 2004.
10. Srianthumrong S., Akagi H.: A Medium-Voltage Transformerless AC/DC Power Conversion System Consisting of a Diode Rectifier and a Shunt Hybrid Filter. IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 39, no. 3, pp. 874-882, 2003.
11. Strzelecki R., Supronowicz H.: Filtracja harmoniczných w sieciach zasilających prądu przemiennego. Wyd. Adam Marszałek, Toruń 1999.

12. Tangtheerajaronwong W., Hatada T., Wada K., Akagi H.: Design of a Transformerless Shunt Hybrid Filter Integrated into a Three-Phase Diode Rectifier. Power Electronics Specialists Conference PESC '06, 37th IEEE, pp. 1-7, 2006.
13. Materiały Leonardo Power Quality Initiative – www.lpqi.org.

Rękopis dostarczono dnia 3.10.2008 r.

Opiniował: prof. dr hab. inż. Antoni CIEŚLA

CONTROL ALGORITHM OF HYBRID ACTIVE POWER FILTER IN CONFIGURATION WITH SINGLE TUNED PASSIVE FILTER

Dawid BUŁA

ABSTRACT *A proposition of three-phase hybrid active power filter with single tuned passive filter has been shown in the paper. The presented control algorithm allows improving passive filter performance (for 7th harmonic) as well as compensating other selected harmonics (5th and 11th in this case). The solution leads to reduction of power rating of the active part in comparison to pure active power filter and moreover reduction of weight, size and cost of hybrid filter is possible.*

The analysis of control algorithm and suitable simulations have also been presented in the paper. Additionally the comparison between the proposed configuration, pure shunt active power filter and conventional hybrid filter has been shown.