

## **HARMONICZNE PRĄDU I NAPIĘCIA W SIECIACH DYSTRYBUCYJNYCH**

**Krzysztof SZUBERT**

Politechnika Poznańska, Instytut Elektroenergetyki  
tel.: 61 665-22-82 e-mail: Krzysztof.Szubert@put.poznan.pl

**Streszczenie:** W artykule podano przepisy prawne określające wartość dopuszczalną wyższych harmonicznych w sieci. Opisano, jak należy korygować dobór podstawowych elementów sieci (transformatory, kable, linie, kompensatory mocy biernej) ze względu na obciążenie harmonicznymi. Przybliżono zasady doboru filtrów pasywnych, jak i aktywnych.

**Słowa kluczowe:** harmoniczne, oddziaływanie na sieć dystrybucyjną, filtry pasywne, filtry aktywne

### **1. WSTĘP**

Wraz z pojawieniem się odbiorników nieliniowych w sieci pojawiły się odkształcenia związane z wyższymi harmonicznymi prądu i napięcia. Zjawisko to z upływem czasu ewoluuje i nasila się. Pierwotnie źródła zakłóceń były punktowe – przetwornice częstotliwości, napędy, układy prostownikowe w zakładach przemysłowych. Aktualnie przez powszechne zastosowanie elektroniki pojawiły się również u odbiorców komunalnych, przede wszystkim w formie zasilaczy impulsowych. Mimo, iż te ostatnie mają małą moc, to jednak przez ich masowość i sumowanie się oddziaływań są obserwowalne w systemie.

Na niektóre urządzenia wyższe harmoniczne nie mają wpływu (np. piece oporowe) w innych powodują wzrost strat, nagrzewanie i przyspieszone starzenie (np. linie energetyczne, transformatory, kondensatory), jeszcze innym utrudniają (pasożytnicze momenty obrotowe w silnikach indukcyjnych) lub wręcz uniemożliwiają pracę (nowoczesne elektroniczne sterowane linie technologiczne).

W efekcie, aby zapewnić ekonomiczny przesył energii, musiano rozwiązać trzy zagadnienia:

- po pierwsze, prawnie określić dopuszczalną zawartość harmonicznych w sieci, oraz zawartość harmonicznych przy której urządzenia muszą działać prawidłowo,
- po drugie, dopasować sposób projektowania sieci tak, aby nie ulegała ona wcześniejszej degradacji,
- po trzecie, zaproponować urządzenia zmniejszające zawartość harmonicznych w sieci – filtry.

Pomiędzy powyższymi trzema punktami występuje powiązanie finansowe. Większa dopuszczalna zawartość harmonicznych, to większe straty przesyłowe oraz w urządzeniach, a ponadto trudniejsze warunki urządzeń sterujących a więc i wyższe ich koszty; z drugiej strony zdecydowanie niższe koszty budowy urządzeń ograniczających występowanie harmonicznych w sieci.

### **2. PRZEPISY PRAWNE**

Chcemy, aby urządzenia wyprodukowane w jednym kraju nadawały się do użytkowania w innym, stąd konieczność ujednoczenia przepisów. Dostrzega się to w Uchwale Rady Wspólnoty Europejskiej z 21 grudnia 1989 r. „W sprawie globalnego podejścia do badań i certyfikacji...”. Aby ułatwić wprowadzenie jej w życie, skorzystano z tak zwanego nowego podejścia, a więc dyrektyw, które wymagały przepisów i norm zharmonizowanych, co umożliwiło rozładowanie w czasie dostosowania warunków krajowych.

W efekcie w Unii Europejskiej obowiązuje dyrektywa 89/366/EEC „O ujednoczeniu w państwach członkowskich praw dotyczących kompatybilności elektromagnetycznej”, uzupełniona dyrektywami 91/263/EEC, 92/31/EEC, 93/68/EEC i 93/97/EEC. Wymagania dotyczące oznaczenia towaru przez symbol CE podano w dyrektywie 93/465/EEC „W sprawie modułów do różnych procedur zgodności oraz umieszczania i stosowania oznaczenia CE”.

W Polsce, aby te akty prawne były włączone do wewnętrznego stosowania, korzystamy z:

- ustawy z dnia 10.04.1997 „Prawo Energetyczne” (z późniejszymi zmianami),
- ustawy z dnia 12.12.2003 „O ogólnym bezpieczeństwie produktów”.

W ustawach tych mimo braku bezpośredniego przywołania, korzystano w znacznym zakresie z wiedzy zawartej w normach zharmonizowanych:

- PN-EN 55014-1 EMC. Wymagania dotyczące przyrządów powszechnego użytku,
- PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych,
- PN-EN 61000-3 EMC. Dopuszczalne poziomy (z kolejnym rozszerzeniem -2 odnosi się do harmonicznych odbiorów o prądzie do 16A).

### **3. WPŁYW WYŻSZYCH HARMONICZNYCH NA ELEMENTY SIECI DYSTRYBUCYJNEJ**

#### **3.1. Kompensatory mocy biernej**

W sieciach dystrybucyjnych z przebiegami odkształconymi kompensatory mocy biernej mogą pracować w trzech wariantach: jako wbudowane w filtr wh; jako uzupełnienie mocy biernej wprowadzonej przez filtr wh; samodzielnie, gdy zawartość harmonicznych w sieci

nie przekracza wartości dopuszczalnej. O doborze kondensatorów w filtrach będzie w dalszej części artykułu, zatem w tym punkcie zostanie to pominięte. Jeśli kompensator mocy biernej pracuje samodzielnie lub współpracując równolegle z filtrem, musi w celu zabezpieczenia przed przegrzaniem kondensatorów mieć zapewnione ograniczenie obciążania ich w h prądu. Realizuje się to poprzez wprowadzenie szeregowo niewielkiej cewki (o mocy ok. 6% mocy biernej kondensatorów). Tym sposobem odstraja się kompensator od w h z piątą włącznie. Powoduje to wzrost napięcia na kondensatorach o 6% powyżej napięcia znamionowego sieci. Dlatego, aby uniknąć awarii, przyjmuje się z reguły napięcie znamionowe kondensatorów 10% większe od napięcia znamionowego sieci.

### 3.2. Kable i linie zasilające

Wyższe harmoniczne wpływają na wzrost strat przesyłowych – grzanie się elementów przez które przepływają. Biorąc pod uwagę, że prąd znamionowy danego przewodu jest określany na podstawie dopuszczalnej długotrwale temperatury - będzie wymagał korekty. Energia wydzielana w przewodzie opisana jest ogólnie znanym wzorem:

$$E = R I^2 t \quad (1)$$

Na czas trwania próby  $t$  ujęty w tym wzorze, odkształcenie przebiegu nie wpływa. Rezystancja przewodu na skutek zjawiska naskórkowości wzrasta wraz ze wzrostem częstotliwości. Jednakże można to zjawisko pominąć, gdyż nie ma zasadniczego wpływu przy 3, 5, 7, 11, 13 harmonicznej, które są dominujące w sieci. Wartość skuteczną prądu można zapisać jako:

$$I = I_1 \sqrt{1 + THDI^2} \quad (2)$$

gdzie  $I_1$  to wartość użytkowa, czyli skuteczna pierwszej harmonicznej prądu, natomiast  $THDI$  to współczynnik odkształcenia prądu harmonicznymi.

Wzór (2) należy uwzględnić przy doborze przewodów fazowych, szczególnie w instalacjach niskiego napięcia zasilającego sieci komputerów i zespołów wysokosprawnych lamp oświetleniowych, w których wartości  $THDI$  mogą nawet przekraczać 1 [1], a współczynnik korygujący (wartość pod pierwiastkiem we wzorze (2)) osiąga 1,4.

W kablach wielożyłowych produkowanych do lat 80-tych przewód neutralny miał mniejszy przekrój od przewodów fazowych. Prowadziło to do uszkodzenia kabli (rozpoczynającego się od uszkodzenia izolacji na przewodzie neutralnym), gdy przebiegi były odkształcone. Współcześnie w kablach przewody te mają taki sam przekrój. Jednakże dopóki nie uwzględniono w obliczeniach przewodu neutralnego w h nadal zdarzały się identyczne uszkodzenia.

W przypadku, gdy udział trzeciej harmonicznej nie przekracza 33% w przewodzie fazowym, to dobór przewodów jest wyznaczany na podstawie wartości prądu fazowego, a w przypadku większej zawartości trzeciej harmonicznej, do obliczeń korzystamy z wartości prądu w przewodzie neutralnym [2]:

$$I_{NE} = 3 I_F \frac{k_{3h\%}}{100\%} \quad (3)$$

$$\text{dla } k_{3h\%} \leq 33\% \quad \text{dla } k_{3h\%} > 33\%$$

$$I_N = \frac{I_F}{k_{3f}} \quad I_N = \frac{I_{NE}}{k_{3f}} \quad (4)$$

$I_{NE}$  – prąd w przewodzie neutralnym,

$I_F$  – prąd obciążenia w przewodzie fazowym,

$I_N$  – skorygowana wartość prądu obciążenia w przewodzie fazowym oraz w neutralnym,

$k_{3h\%}$  - udział harmonicznnych podzielnych przez 3 w prądzie fazowym,

$k_{3f}$  – współczynnik korygujący prąd obciążenia - podany w tabeli 1.

Tablica 1. Współczynnik korygujący  $k_{3f}$  [2]

Współczynnik korygujący $k_{3f}$		
Udział harmonicznnych podzielnych przez 3 w prądzie fazowym $k_{3h\%}$	Dobór przekroju żył na podstawie	
	Prądu fazowego	Prądu w przewodzie neutralnym
0-15	1,00	-
15-33	0,86	-
33-45	-	0,86
>45	-	1,00

### 3.3 Transformatory

W sieciach, w których występują w h mogą pracować transformatory w wykonaniu specjalnym (głównie USA) lub klasycznym (Europa). W pierwszym przypadku wybieramy transformator, dla którego producent podaje wartość współczynnika odporności na harmoniczne  $K$  większy od wyznaczonego wzorem [3]:

$$K = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} h^2 I_h^2}{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad (5)$$

gdzie:  $h$  – rząd harmonicznej

$I_h$  – prąd  $h$ -tej harmonicznej

W przypadku transformatorów klasycznych, w wyniku udziału w h w prądzie obciążenia, dostępna ich moc użytkowa ulega zmniejszeniu o współczynnik redukcji obciążenia  $K_R$  [4]:

$$K_R = \left[ 1 + \frac{e}{1+e} \left( \frac{I_1}{I} \right)^2 \sum_{h=2}^{h_{max}} \left( h^q \left( \frac{I_h}{I_1} \right)^2 \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

gdzie:  $h$  i  $I_h$  jak w (5)

$I$  – całkowita wartość skuteczna prądu,

$I_1$  – prąd składowej podstawowej,

$e$  – stosunek strat wirowych do strat czynnych całkowitych, powinien być podany przez producenta (jest w zakresie od 0,05 do 0,1),

$q$  – stała zależna od rodzaju uzwojenia i częstotliwości (typowa wartość 1,7).

### 4. FILTRY PASYWNE

Filtry ogólnie możemy podzielić na pasywne, zbudowane z elementów RLC, oraz aktywne, które wykorzystują sterowalne zawory (np. tranzystory mocy IGBT). Zdarza się też współpraca powyższych – mówi się wówczas o filtrach hybrydowych. Mogą one pracować przyłączone do układu szeregowo, równolegle lub szeregowo-równolegle.

W filtrach pasywnych układy przyłączane równolegle (wykorzystujące rezonans szeregowy elementów LC) stanowią zwarcie dla w h prądów, eliminując ich przepływ w kierunku elektrowni. Są to najpopularniejsze filtry. Z drugiej strony do filtra spływają nie tylko w h prądu z zakładu, który zainwestował w filtr, ale z całej pobliskiej sieci. Gdy między

danym zakładem, a punktem zasilającym występują inne przedsiębiorstwa generujące wh, może nie wystąpić oczekiwana poprawa napięcia (generacja wh napięcia na impedancji linii nie zmniejszy się). Rozwiązaniem wówczas jest wprowadzenie również filtra szeregowego (wykorzystującego rezonans równoległy elementów LC) blokującą możliwość przepływu wh prądu w linii zasilającej zakład.

Filtry pasywne buduje się jako proste jednogłęziowe, tłumione lub podwójnie nastrojone [5]. Mogą być budowane jako pierwszego, drugiego, bądź trzeciego. Ponieważ wartość pojemności kondensatorów degraduje się wraz ze starzeniem, wartość częstotliwości rezonansowej dobiera się zatem nieznacznie mniejszą od zadanej harmonicznnej.

Budując prosty filtr równoległy, należy zadać sobie pytanie ile gałęzi będziemy potrzebować. Na to pytanie odpowiadamy znając zawartość harmonicznnych w sieci, ich dopuszczalne wartości (wymagany stopień redukcji) i rzeczywisty stopień ich redukcji przez poszczególne filtry (Tablica 2) określony na drodze eksperymentalnej.

Tablica 2 Współczynniki redukcji zawartości wyższych harmonicznnych w napięciu [6]

Układ filtrów	Rząd harmonicznnych					
	5	7	11	13	17	19
F5	5,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5
F5+F7	5,5	5,0	2,5	2,0	1,5	1,5
F5+F7+f11+F13	6,0	6,0	6,0	6,0	2,5	2,0

Napięcie na kondensatorach filtra jest wyższe od napięcia sieci, zatem jego napięcie znamionowe powinno być wyższe od 20-25% od napięcia sieci. Ponadto ich przeciążalność prądowa powinna wynosić co najmniej 50%. Wówczas minimalny znamionowy prąd kondensatora dla danej gałęzi filtra można wyznaczyć wzorem [6]:

$$I_{CN} \geq \sqrt{\frac{b^2 I_h^2}{p_i^2 - \left(\frac{h^2}{h^2-1}\right)^2 \left(\frac{U_L}{U_{CN}}\right)^2}} \quad (7)$$

gdzie:  $I_{CN}$  – znamionowy prąd kondensatora,  
 $U_{CN}$  – znamionowe napięcie kondensatora,  
 $U_L$  – znamionowe napięcie sieci,  
 $h$  – harmoniczna na którą jest budowany filtr  
 $I_h$  – prąd h-tej harmonicznnej w sieci,  
 $p_i$  – przeciążalność prądowa kondensatora,  
 $b=1,2-1,3$  – współczynnik zwiększający, uwzględniający obciążenie filtra harmonicznnymi wyższymi od  $h$ .

Stąd znamionowa moc bierna baterii kondensatorów w filtrze wynosi:

$$Q_{CN} = \sqrt{3} I_{CN} U_{CN} \quad (8)$$

A co za tym idzie wypadkowa moc bierna tej gałęzi filtra przy częstotliwości podstawowej wynosi:

$$Q_{Fh} = Q_{CN} (1 - h^2) \quad (9)$$

Pomiędzy elementami różnych gałęzi filtrów zachodzi oddziaływanie. Jeżeli zależy nam na tym, aby ograniczyć obciążenie filtra prądami o częstotliwościach, których nie musi usuwać, oraz zbudować tak, aby równocześnie kompensował wymaganą wartość mocy biernej, dobieramy go rozwiązując macierzowy układ równań [7]:

$$\begin{bmatrix} \frac{h_{F1}^2 h_{P1}}{h_{F1}^2 - h_{P1}^2} & \frac{h_{F2}^2 h_{P1}}{h_{F2}^2 - h_{P1}^2} & \dots & \frac{h_{Fg}^2 h_{P1}}{h_{Fg}^2 - h_{P1}^2} \\ \frac{h_{F1}^2 h_{P2}}{h_{F1}^2 - h_{P2}^2} & \frac{h_{F2}^2 h_{P2}}{h_{F2}^2 - h_{P2}^2} & \dots & \frac{h_{Fg}^2 h_{P2}}{h_{Fg}^2 - h_{P2}^2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{h_{F1}^2 \omega_1}{h_{F1}^2 - 1} & \frac{h_{F2}^2 \omega_1}{h_{F2}^2 - 1} & \dots & \frac{h_{Fg}^2 \omega_1}{h_{Fg}^2 - 1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{F1} \\ C_{F2} \\ \vdots \\ C_{Fg} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \frac{Q_F}{U_L^2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Pierwsza macierz ma tyle kolumn ile harmonicznnych częstotliwości ma być filtrowanych ( $h_{F1}, h_{F2}, \dots, h_{Fg}$ ) oraz o jeden wiersz więcej niż liczba częstotliwości, które mają nie wpływać do filtra ( $h_{P1}, h_{P2}$ ) – być pominiętych. Wielkość  $\omega_1$  to prędkość kątowna podstawowej harmonicznnej. W kolejnej macierzy podane są poszukiwane wartości pojemności poszczególnych gałęzi filtra ( $C_{F1}, C_{F2}, \dots, C_{Fg}$ ). Wielkość  $Q_F$  to moc bierna pojemnościowa całego filtra dla podstawowej harmonicznnej, a  $U_L$  to napięcie znamionowe sieci.

Odwracając pierwszą z macierzy w (10) łatwo wyznaczyć pojemności poszczególnych gałęzi filtra, a co za tym idzie moce kondensatorów. Aby nie przyspieszyć degradacji filtra przez nadmierne przeciążanie kondensatorów, istotne jest, aby równocześnie spełnione były warunki (7) i (8).

Jeśli spełnienie warunków (7) i (8) nie wymaga, aby w warunku (10) moc  $Q_F$  była zbliżona do wymaganej kompensowanej, to z racji kosztów (nie tylko dławików, ale również zwiększenia pojemności) filtry współpracują z kompensatorami – jak było opisane w rozdziale 3.1.

## 5. FILTRY AKTYWNE

Filtry aktywne to układy zbudowane z elektronicznie sterowanych zaworów (GTO, IGBT), wprowadzające prąd lub napięcie do systemu w przeciwfazie do występującego w nim odkształcenia; tym sposobem niwelując je. Do systemu są podłączane szeregowo bądź równoległe przez transformatory dostosowujące i pomocnicze filtry L lub LC. Jeżeli do sieci są połączone szeregowo-równoległe, to przekształtniki są połączone obwodami DC. Przekształtniki mogą pracować w strukturze napięciowej – z kondensatorem w obwodzie DC lub w strukturze prądowej – z dławikiem w obwodzie DC. W przekształtnikach napięciowych, przy przełączeniu kluczy następuje skokowa zmiana napięcia na wyjściu, która po zastosowaniu filtra typu L daje płynną bezinercyjną zmianę prądu. Analogicznie w przekształtnikach prądowych przełączenie zaworów powoduje skokową zmianę prądu na wyjściu, która na filtrze LC formuje płynną bezinercyjną zmianę napięcia.

W efekcie, ze względu na łatwość sterowania filtry zbudowane z przekształtników napięciowych stosuje się jako filtry prądów w układach równoległych, natomiast przekształtniki prądowe jako filtry napięcia w układach szeregowych. Filtry szeregowo-równoległe ze względu na połączenie w obwodzie DC muszą być zbudowane na tych samych przekształtnikach; dominują tutaj zastosowania przekształtników napięciowych. Mają wówczas zastosowania szersze niż tylko filtracja harmonicznnych [8] Dość często ze względów na koszty budowy i eksploatacji zdarza się, że filtry szeregowo (napięciowe) zbudowane są z przekształtników napięciowych.

Przy wprowadzaniu napięcia przez przekształtniki napięciowe spotykamy szereg problemów. Stosując wyjściowy filtr L jak przy kompensacji prądów,

oszacowanie na nim spadku napięcia przy przebiegach odkształconych jest bardzo utrudnione [9], a w czasie rzeczywistym wielokrotnie niemożliwe. Zastosowanie wyjściowego filtra LC do formatowania napięcia przy tym przekształtniku, wprowadza inercję między sygnałem zadany a wyprowadzonym, która nawet przy zastosowaniu elementów predykcji w sterowaniu może doprowadzić do powstania nowych „własnych” częstotliwości w sieci [10]. Rozwiązaniem wydaje się wprowadzenie do sterowania dodatkowej pętli prądowego sprzężenia zwrotnego (przekształcenia zadanej wartości napięcia na zadaną wartość prądu) [11], co nie tylko usuwa inercję w układzie, ale poprawia jego dynamikę.

Przy doborze filtrów aktywnych równie ważnym jak wybór ich topologii jest wybór metody sterowania. Zmiany koncepcji w tej dziedzinie najłatwiej jest prześledzić na przykładzie najczęściej aplikowanych – filtrów aktywnych prądu, włączanych równolegle do sieci, zbudowanych z przekształtników napięciowych. Pierwotnie regulacja przebiegała zgodnie z definicją filtra aktywnego – na bieżąco filtrami pomiarowymi małej mocy wyodrębniano zakłócenia i kompensowano je. Niestety wprowadzana przez filtry pomiarowe inercja powodowała, że efekt był niezadowolający. Później filtrowano moce chwilowe, wyznaczając, jaki prąd powinien popłynąć z systemu i odejmując aktualny prąd otrzymano wartość prądu do skompensowania [12]. Kolejnym krokiem była kompensacja mocy bierniej i odkształcenia [13]. Założono, że ze systemu ma płynąć prąd sinusoidalny w fazie z napięciem a jego amplituda ma być taka, aby moc czynna nie była wymieniana z przekształtnikiem. W efekcie amplituda prądu była sterowana napięciem na kondensatorze DC. Aby kompensować subharmoniczne kondensator DC musiał przejąć funkcję zasobnika energii, a zatem musiały być dopuszczone na nim zmiany napięcia [14], a amplituda prądu wyznaczana była przez uśrednianie mocy czynnej z  $n$  okresów. Kolejnym ciekawym pomysłem było wymuszenie napięciowe w filtrze równoległym [15]. Zachowanie na nim sinusoidalnego napięcia powoduje, że prąd kompensuje się w przekształtniku bez konieczności wyznaczania jego wartości zadanej.

## 6. WNIOSKI

Nie ma powrotu do sieci bez wyższych harmonicznych prądu i napięcia. Należy dostosować istniejącą sieć do bezpiecznego ich przenoszenia – korekta doboru elementów sieciowych została podana w artykule. Indywidualnie żadne urządzenie nie może wygenerować niedopuszczalnego zakresu harmonicznych, grupowo jednak to się zdarza. Wymagane jest zatem działanie zmierzające do poprawy jakości energii przez zakłady przemysłowe jak również przez energetykę. Podstawy doboru filtrów podano w artykule.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. Muszyński R.: Dopuszczalne obciążenia maszyn, transformatorów i linii przy niesinusoidalnych przebiegach. Materiały sympozjum Podstawowe Problemy Elektrotechniki i Elektromechaniki PPEE 2000, Wisła s. 266-271
2. Markiewicz H., Klajn A.: Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych. Podstawy planowania i obliczeń. Podręcznik INPE dla elektryków, zeszyt 7, 2005
3. De La Rosa F.: Harmonic and Power Systems. Published by CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2006
4. Desmet J. Lemcko L.: Jakość zasilania – poradnik, Harmoniczne, Dopuszczalna obciążalność i dobór transformatorów do pracy z prądem odkształconym. Zeszyt 3.5.2, Polskie Centrum Miedzi, 2005
5. Hanzelka Z.: Jakość Energii Elektrycznej, cz.4, Wyższe Harmoniczne Napięć i Prądów . (strona internetowa z 12.08.16 [twelve.com.pl/pdf/Hanzelka/cz\\_4\\_pelna.pdf](http://twelve.com.pl/pdf/Hanzelka/cz_4_pelna.pdf) i [twelve.com.pl/pdf/Hanzelka/cz\\_5\\_pelna.pdf](http://twelve.com.pl/pdf/Hanzelka/cz_5_pelna.pdf))
6. Grzybowski W., Kardaszewicz J., Manitus J., Zygmunt H.: Projektowanie przekształtników tyrystorowych. WNT, Warszawa, 1974
7. Klempka R.: Projektowanie grupy filtrów prostych. Wybrane Zagadnienia Jakości Zasilania i Użytkowanie energii Elektrycznej – seminarium Polskie Partnerstwo Jakości Zasilania. Warszawa 30.11.2004.
8. Szubert K.: The Application of the Power Electronics to Improving of the Power Quality in the Distribution Power System. International Symposium Modern Electronic Power System MEPS'02; Wrocław 11-13 Sept. 2002; s. 495-500
9. Lu B., Ooi B.: Nonlinear Control of Voltage-Source Converter Systems, IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 22, No. 4, 2007, s. 1186-1195
10. Szubert K.: The control of voltage converter rectifiers. Power Electronics and Motion Control Conference, EPE-PEMC 2008. 1-3 Sept. 2008 s. 536 – 541
11. Szubert K.: Sposób sterowania przekształtnikiem napięciowym. Patent PAT.224370
12. Akagi H., Nabae A., Atoh S.: Control strategy of active power filters using multiple voltage-source PWM converters. IEEE Trans. On Industry Application, Vol IA-22, No3, 1986. s. 460-465
13. Koczara W.: Układ zasilania odbiorników mocy. Patent PL 174916
14. Szubert K.: Sposób sterowania układem statycznego kompensatora STATCOM. Patent PL 190047
15. Strzelecki R., Benysek G., Jarnut M., Kot E.: Voltage Source Power Line Conditioners. Jakość I Użytkowanie Energii Elektrycznej, Tom X, Zeszyt 1/2, 2004 s.13-24

## THE CURRENT AND VOLTAGE HARMONICS IN DISTRIBUTION NETWORKS

The article presents the legal regulations defining the limit of high harmonic values in power network. It describes how to select correctly basic network elements (transformers, cables, lines, reactive power compensators) due to the load of harmonics. It sets out the types and principles for the selection of passive filters (the number of branches, rated power of capacitors). It discusses active filters predispositions depending on their topology. Basing on the subject literature, the article also discusses different control strategies of active filters.

**Keywords:** harmonics, distribution network, passive filters, active filters.