

Dławiki pasywnych filtrów wyższych harmonicznyc (filtracyjne)

Znaczny poziom wyższych harmonicznyc w przemysłowych oraz miejskich sieciach elektroenergetycznych jest spowodowany szybkim wzrostem ilości eksploatowanych przekształtników i odbiorników nieliniowych. Odształcenie sinusoidy napięcia prowadzi do zwiększenia strat, a w skrajnych sytuacjach nawet do zakłóceń w pracy maszyn i urządzeń. W celu ograniczenia niekorzystnego wpływu odbiorników nieliniowych i przekształtników na sieć elektroenergetyczną, zasilane z niej maszyny oraz na połączone z siecią baterie kondensatorów stosuje się układy filtrów wyższych harmonicznyc.

ELHAND produkuje dławiki ochronne **typu ED3LC** przeznaczone do pracy w układach filtrów LC wyższych harmonicznyc.

Zadania filtrów wyższych harmonicznyc w sieciach elektroenergetycznych.

W najczęściej spotykanych układach przekształtników trójfazowych mostkowych (układy sześciopulsowe) przebieg prądu po stronie pierwotnej transformatora - przy założeniu symetrii napięć zasilających, impedancji komutacyjnych i kątów opóźnienia wyłączania zaworów – będzie zawierał oprócz składowej podstawowej harmonicznyc min.: 5, 7, 11, 13, których numery określa ogólne równanie (1).

$$n = kp \pm 1, \quad (1)$$

gdzie: n – rząd harmonicznyc, k – liczba naturalna, p – liczba pulsów napięcia wyprostowanego.

Wartości amplitud składowych harmonicznyc możemy wyznaczyć korzystając z równania (2).

$$A_n = \frac{1}{n} A_1, \quad (2)$$

gdzie: A_1 – amplituda podstawowej harmonicznyc napięcia, A_n – amplituda n -tej harmonicznyc.

Zbyt duża zawartość wyższych harmonicznyc prądu zasilającego może spowodować znaczny wzrost strat mocy w urządzeniach i maszynach współpracujących z przekształtnikiem w wyniku przepływu prądu o podwyższonej częstotliwości lub wywołać zaburzenia w pracy urządzeń przez zniekształcenie napięcia zasilającego. Szczególnie odnosi się to do baterii kondensatorów pracujących równolegle z układem przekształtnikowym. Zmniejszenie impedancji kondensatorów połączone ze wzrostem częstotliwości może spowodować uszkodzenia baterii na skutek przeciążenia prądami o częstotliwościach wyższych harmonicznyc.

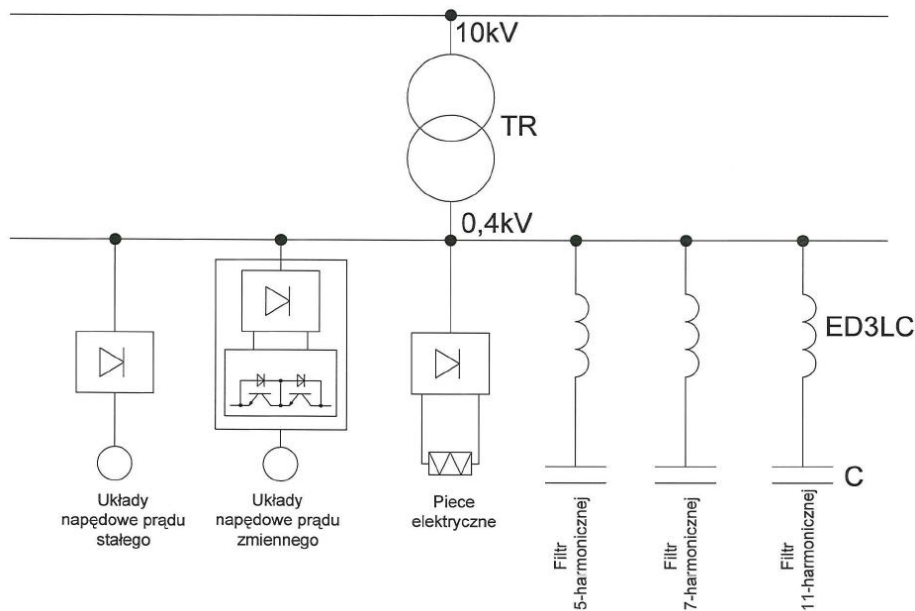
Ponadto niebezpiecznym zjawiskiem jest rezonans równoległy w układzie. Harmoniczne wytwarzane przez bezstopniowe układy napędowe mogą być wzmocnione aż **10-15 razy** w obwodzie rezonansu równoległego utworzonego przez reaktancję pojemnościową baterii kondensatorów i indukcyjność sieci. Zjawisko to może doprowadzić do uszkodzenia zarówno baterii kondensatorów jak i przekształtnika.

Składowe harmonicznyc w niekorzystnych warunkach mogą stanowić zagrożenie dla konstrukcji mechanicznej maszyn elektrycznych. Pary harmonicznyc np. 5 i 7 mogą wywołać drgania mechaniczne o częstotliwości 6-tej harmonicznyc w generatorze lub silniku. Drgania te powstają wskutek wahań momentu obrotowego w wyniku zniekształcenia krzywej napięcia zasilającego. Gdy częstotliwość tych drgań zbliżenie się z częstotliwością rezonansu mechanicznego, wówczas konstrukcja mechaniczna maszyny narażona będzie na znaczne przeciążenia.

Uciążliwy efekt głośniejszej pracy maszyn elektrycznych będący skutkiem zjawiska magnetostrykcji jest ze względu na stosunkowo wysokie częstotliwości składowych harmonicznyc prądu dodatkowo wzmocniony. Prądy odształcone zawartością wyższych harmonicznyc powodują ponadto znacznie intensywniejsze nagrzewanie przewodów i kabli elektroenergetycznych w skutek zjawiska naskórkowości oraz efektu bliskości.

Zadaniem filtrów LC, których elementami są dławiki ochronne typu ED3LC jest ograniczenie niekorzystnego wpływu wyższych harmonicznyc prądu na sieć elektroenergetyczną i wszystkie urządzenia z nią połączone.

Rysunek 1 przedstawia typowy układ do kompensacji mocy biernej oraz filtracji harmonicznyc. Występują tu trzy gałęzie filtrujące dostrojone do 5, 7, 11-tej harmonicznyc. Ilość zainstalowanych gałęzi filtrujących zależy od wymaganej mocy biernej koniecznej do kompensacji oraz od pomiarów i dokładnej analizy zawartości poszczególnych harmonicznyc w sieci.



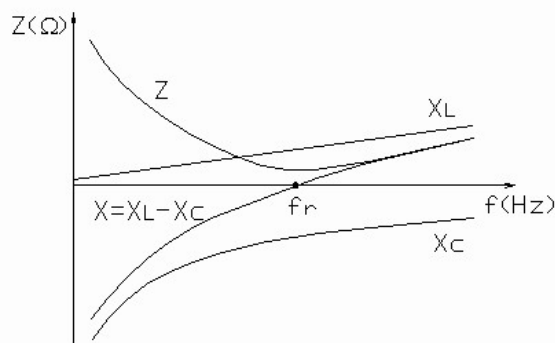
rys1. Uproszczony schemat obwodu kompensacji mocy biernej i filtracji harmonicznych

Filtry to szeregowo-układy rezonansowe LC włączone równolegle w obwód zasilania przekształtnika, które spełniają podwójną rolę: kompensują moc bierną pobieraną przez układ napędowy oraz zapobiegają przedostawaniu się wyższych harmonicznych do sieci elektrycznej. Reaktancja filtru w zależności od numeru harmonicznej wynosi (3).

$$X_{nf} = n\omega L_f - \frac{1}{n\omega C_f}, \quad (3)$$

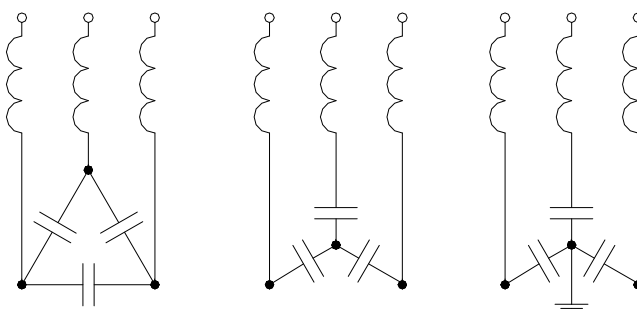
gdzie: L_f, C_f – indukcyjność oraz pojemność gałęzi obwodu stanowiącej filtr; n – rząd harmonicznej; ω – pulsacja

Przy odpowiednio dobranych wartościach indukcyjności i pojemności filtr dla harmonicznej podstawowej oraz dla harmonicznych niższego rzędu niż n_r (częstotliwość rezonansowa) będzie stanowił obciążenie pojemnościowe, natomiast dla wszystkich harmonicznych wyższych rzędów obciążenie indukcyjne. Dla częstotliwości rezonansowej gałąź LC będzie miała niewielką impedancję równą w zasadzie rezystancji uzwojeń dławika. Prąd o częstotliwości rezonansowej będzie замыкаł się między przekształtnikiem a filtrem nie przedostając się do sieci zasilającej. Dla podstawowej harmonicznej gałęzie filtru zawsze mają charakter pojemnościowy, co w praktyce oznacza realizację kompensacji mocy biernej (rys.2).



rys2. Charakterystyka impedancyjna filtru LC

Istnieje wiele rozwiązań przemysłowych filtrów, często są to pasywne filtry LC (rys.3).



rys3. Przykładowe układy pasywnych filtrów LC

Gałęzie filtra LC przedstawionego na (rys.3a) znajdują się w czasie pracy pod napięciem przewodowym sieci. W związku z tym baterie kondensatorów i dławiki będą tu, (szczególnie w zakresie średnich napięć) znacznie droższe niż w układach (rys.3b,c). Dlatego konfiguracja filtra (rys.3a) powszechnie stosowana jest w układach niskonapięciowych. Wadą tego rozwiązania jest brak możliwości filtrowania harmoniczných potrójnych. Jest to możliwe wyłącznie w układzie gwiazdy z uziemionym punktem zerowym.

W układzie z (rys.3b) rozkład napięć na poszczególnych fazach filtra uzależniony jest od pojemności oraz indukcyjności każdej gałęzi. Ze względu na konieczność zapewnienia prawidłowego napięcia pracy we wszystkich trzech fazach wymagana jest ścisła symetria pojemności i indukcyjności. Układy (rys.3a,b) mogą być stosowane w dowolnym systemie sieci trójfazowej. Natomiast układ (rys.3c) nie może być stosowany w sieci z izolowanym punktem zerowym lub z punktem zerowym uziemionym przez dławik gaszący. W układzie takim gałęzie filtra pracują praktycznie pod równymi napięciami ($U_p / \sqrt{3}$). W przypadku zwarcia jednej fazy z ziemią na pozostałych gałęziach pojawia się napięcie międzyprzewodowe U_p . Napięcie to jest $\sqrt{3}$ razy większe niż w stanie normalnej pracy. Bateria kondensatorów w takiej sytuacji powinna zostać wyłączona bardzo szybko ($t \leq 1 \text{ min.}$). Natomiast w sieciach o izolowanym punkcie zerowym zwarcia doziemne są przeważnie jedynie sygnalizowane i utrzymują się znacznie dłużej, co stanowi poważne zagrożenie dla układu filtrów.



Dławik filtracyjny ELHAND typu ED3LC-0,5mH/250A