

**F**irma ELHAND TRANSFORMATORY jest producentem wielu typów transformatorów, zasilaczy oraz dławików. Wprowadzenie nowoczesnych metod produkcji, impregnacji próżniowej oraz zaawansowanych technologicznie materiałów magnetycznych i elektrycznych pozwala zmniejszyć straty mocy w produkowanych maszynach i urządzeniach elektrycznych oraz znacznie wydłużyć ich trwałość.

## Zastosowanie

Dławiki rdzeniowe są stosowane przy częstotliwościach od zera do kilkuset herców. Ich rdzenie są wykonane z blach ze stali krze-

$$L_d = \frac{(1 - \beta_s)(R + r)}{\beta_s m \omega} \quad (1)$$

gdzie:  $R$  – rezystancja odbiornika,  $r$  – rezystancja wewnętrzna obwodu prostownika,  $m$  – współczynnik zależny od rodzaju prostownika;  $\beta_s$  – współczynnik wygładzania;  $\omega$  – pulsacja napięcia zasilającego prostownik.

Z punktu widzenia zastosowania równie ważnymi parametrami dławików wygładzających są częstotliwość pracy oraz prąd znamionowy, określające ich znamionową moc bierną. Wielkości te stanowią założenia w fazie projektowania, zgodnie z wymaganiami, jakie stawia układ pracy dławika.

# Dławiki z rdzeniem ze stali krzemowej

Wraz z rozwojem wielu dziedzin elektrotechniki dławiki z rdzeniem ferromagnetycznym znajdują coraz liczniejsze zastosowania. Stają się nieodłącznymi elementami nowoczesnych układów energoelektroniki i elektroenergetyki.

**Mirosław Łukiewski**

mowej, często ze szczeliną powietrzną. Uzwojenia są nawinięte przewodem miedzianym okrągłym lub profilowym. Podstawowe parametry dławików to indukcyjność oraz prąd znamionowy, które w przypadku tej konstrukcji mieszczą się w granicach odpowiednio od kilkudziesięciu mikrohenrów do kilkuset milihenrów oraz od kilku do kilkuset amperów [5].

W obwodach prądu przemiennego dławiki z rdzeniami są stosowane w dolnoprzepustowych filtrach napięć wyjściowych lub w filtrach selektywnych  $LC$  umożliwiających eliminację wybranych harmonicznych prądu. W obwodach prądu stałego dławiki stosuje się najczęściej do wygładzania charakterystyk napięć i prądów wyjściowych prostowników oraz do zapewnienia ciągłego przebiegu prądu wyprostowanego w szerokim zakresie pracy przekształtnika.

Na uwagę zasługuje również wykorzystanie dławików – a więc elementów indukcyjnych – do kompensacji mocy biernej pojemnościowej.

## Dławiki wygładzające

Na wyjściu prostowników diodowych oraz tyrystorowych, a także przekształtników oprócz składowej stałej napięcia i prądu otrzymuje się zwykle niepożądane w obwodzie obciążenia składowe przemienne. Często funkcję filtra pełni włączony w szereg z obciążeniem dławik wygładzający. Dławik taki pozwala na uzyskanie dostatecznie małych tętnień napięcia i prądu przy dużej częstotliwości składowych przemienne. W układach prostownikowych zasilanych napięciem o częstotliwości sieciowej wygładzanie napięcia i prądu tylko za pomocą dławika wymagałoby bardzo dużej jego indukcyjności. W takim przypadku stosuje się dławik połączony z pojemnością (filtr  $LC$ ). Wielkością charakteryzującą właściwości filtra jest współczynnik wygładzania  $\beta_s$ .

W zagadnieniach praktycznych indukcyjność dławika wygładzającego dla prostownika  $m$ -pulsowego, przy wymaganym współczynnikiem wygładzania napięcia i prądu wyjściowego, określa się z zależności [3]:

## Dławiki sieciowe

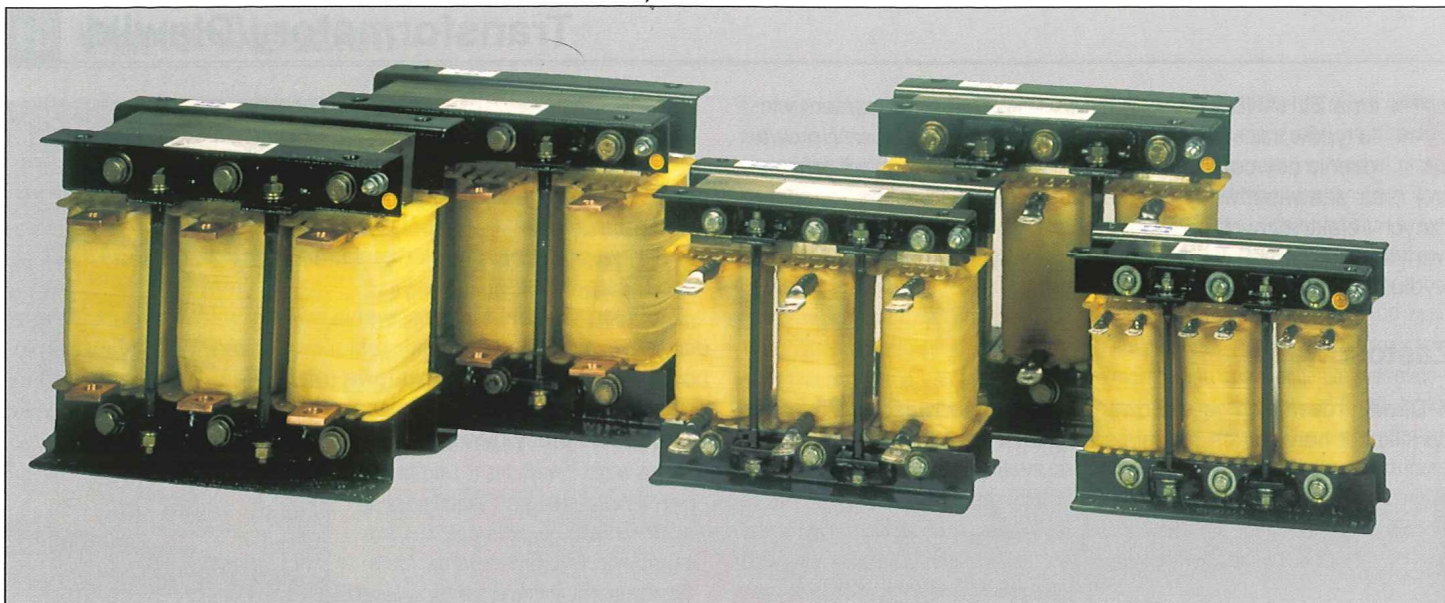
Przekształtniki tyrystorowe są odbiornikami, które najczęściej wymagają zastosowania dławików sieciowych w obwodach łączących przekształtnik z siecią zasilającą. Dławiki te pełnią funkcję ochronną zarówno w stosunku do samego przekształtnika, jak i sieci zasilającej. Tyrystory układów przekształtnikowych potrzebują ochrony zapewniającej ograniczenie narastania prądu przewodzenia do chwili przełączenia struktury pnpn w stan przewodzenia. W takich układach konieczne jest stosowanie dławików sieciowych (anodowych). Przy doborze należy zwrócić uwagę na wzajemną zależność indukcyjności sieci zasilającej oraz indukcyjności dławika, które powinny spełniać następujący warunek [1]:

$$L_d \geq \frac{U_{Tm}}{(di_T/dt)_{crit}} - L_s \quad (2)$$

gdzie:  $U_{Tm}$  – największa możliwa w danym układzie wartość napięcia blokowania w chwili poprzedzającej przełączenie tyrystora,  $(di_T/dt)_{crit}$  – krytyczna stromość narastania prądu przewodzenia tyrystora,  $L_s$  – indukcyjność zastępcza sieci i źródła.

Jeżeli z zależności (2) otrzymuje się  $L_d \leq 0$ , to oznacza, że instalowanie dławików sieciowych jest zbędne, gdyż indukcyjność sieci  $L_s$  w wystarczającym stopniu ogranicza stromość narastania prądu.

Zastosowanie dławików sieciowych w układach przekształtników tyrystorowych również osłabia wzajemne oddziaływanie przekształtników zasilanych z tego samego transformatora podczas komutacji. Użycie dławików powoduje zmniejszenie amplitudy impulsu prądu wstępnego przy wyłączaniu tyrystora, a także ograniczenie przepięć komutacyjnych oraz mocy wydzielanej w obwodach tłumiających. Proces komutacji przebiega więc znacznie łagodniej. Dławiki sieciowe chronią ponadto sieć zasilającą przed niekorzystnym wpływem przekształtników utrudniając przedostawanie się wyższych harmonicznych do sieci.



W przypadku dławików sieciowych należy zwrócić uwagę na to, aby charakterystyka magnetowodu nie osiągała stanu nasycenia w całym zakresie spodziewanych prądów odbiornika. Z tego względu dławiki takie wykonuje się jako rdzeniowe ze szczeliną powietrzną dla zapewnienia liniowej charakterystyki magnesowania.

## Dławiki silnikowe

Jednym z podstawowych zadań dławika silnikowego w tyrystorowym układzie napędowym jest zapewnienie jak najszerszego zakresu przewodzenia prądu ciągłego. Prąd w obwodzie wyjściowym przekształtnika ma charakter nieciągły tym częściej, im mniejsze są wartości prądu oraz indukcyjności obciążenia. Brak ciągłości przebiegu prądu w obwodzie zasilającym silnik powoduje niekorzystną zmianę w przebiegu charakterystyk mechanicznych maszyny oraz pogorszenie właściwości dynamicznych napędu.

W razie zwarcia w obwodzie zasilającym silnik, pracujący tam dławik ma dodatkowe zadanie – ograniczenie szybkości narastania prądu w taki sposób, aby w czasie od chwili wystąpienia zwarcia do chwili wyłączenia prądu przez zabezpieczenia nie przekroczył on maksymalnej dopuszczalnej wartości [3].

Właściwości użytkowe dławika silnikowego określa się indywidualnie dla każdego zastosowania, biorąc pod uwagę parametry obwodu oraz typ maszyny, z którą będzie współpracował.

## Dławiki kompensacyjne

Grupa dławików kompensacyjnych jest przeznaczona do kompensacji mocy biernej pojemnościowej, będącej efektem pracy maszyn synchronicznych oraz rozległych sieci kablowych nn i SN przy ich niedostatecznym obciążeniu. Bardzo często dławiki łączy się w baterie dławikowe współpracujące z automatycznymi regulatorami współczynnika mocy  $\cos \varphi$ . Baterie takie umożliwiają grupową, znacznie efektywniejszą nadążną kompensację mocy biernej, która zapobiega ewentualnemu przekompensowaniu sieci. Podstawowym parametrem użytkowym tego typu dławików jest ich moc bierna, którą wyznacza się z zależności [2]:

$$Q = I_N^2 \omega_N L \quad (3)$$

gdzie:  $I_N$  – znamionowa wartość skuteczna prądu sinusoidalnie przemienne,  $\omega_N$  – pulsacja znamionowa,  $L$  – indukcyjność dławika.

Dławiki rdzeniowe znajdują zastosowanie również w pojemnościowych układach kompensacji mocy biernej. Najczęściej stosuje się klasyczny układ wielostopniowej baterii kondensatorów, której stopnie są załączane lub wyłączane w zależności od poboru mocy biernej. W celu ograniczenia prądu (może on osiągnąć wartość  $150I_N$ ) w stanach przejściowych podczas załączania członów bate-

rii stosuje się dławiki tłumiące, zainstalowane między zabezpieczeniami a stycznikami załączającymi poszczególne człony tej baterii [6, 2].

## Dławiki do filtracji harmonicznych

Wprowadzenie przekształtników tyrystorowych do zasilania i sterowania maszyn elektrycznych dużej mocy spowodowało pojawienie się wyższych harmonicznych przedostających się do sieci w czasie pracy przekształtnikowych układów napędowych. W celu ograniczenia niekorzystnego wpływu układów przekształtnikowych na sieć elektryczną, a także na pracę baterii kondensatorów stosuje się układy filtrów wyższych harmonicznych. Są to szeregowe układy rezonansowe  $LC$  włączone równolegle w obwód zasilania przekształtnika, które pełnią podwójną funkcję – kompensują moc bierną pobieraną przez układ napędowy oraz zapobiegają przedostawaniu się wyższych harmonicznych do sieci elektrycznej. Reaktancja filtru dla określonej harmonicznej jest wyrażona wzorem [6]:

$$x_{nf} = n\omega L_f - \frac{1}{n\omega C_f} \quad (4)$$

gdzie:  $L_f, C_f$  – indukcyjność oraz pojemność gałęzi obwodu stanowiącej filtr,  $n$  – rząd harmonicznej;  $\omega$  – pulsacja.

Przy odpowiednio dobranych wartościach indukcyjności i pojemności filtru dla harmonicznej podstawowej oraz harmonicznych rzędów niższego niż  $n_f$  (przy częstotliwości rezonansowej) jest obciążeniem pojemnościowym, natomiast dla wszystkich harmonicznych wyższych rzędów – obciążeniem indukcyjnym. Przy częstotliwości rezonansowej gałąź  $LC$  stanowi zwarcie. Prąd o częstotliwości rezonansowej płynie w obwodzie między przekształtnikiem a filtrem, nie przedostając się do sieci zasilającej. W trójfazowych układach najczęściej stosuje się obwody filtrujące dla częstotliwości 5, 7, 11, i 13. harmonicznej. Dla podstawowej harmonicznej gałęzi filtru zawsze mają charakter pojemnościowy, a więc zmniejszają prąd bierny podstawowej częstotliwości.



Mirosław Łukiewski – ELHAND TRANSFORMATORY

229

### LITERATURA

1. ŻYBORSKI J., LIPSKI T.: Zabezpieczenia diod i tyrystorów. WNT, Warszawa 1979.
2. NARTOWSKI Z.: Baterie kondensatorów do kompensacji mocy biernej. WNT, Warszawa 1967.
3. ŁASTOWIECKI J.: Elementy magnetyczne w układach napędowych. WNT, Warszawa 1982.
4. BARLIK R., NOWAK M.: Technika tyrystorowa. WNT, Warszawa 1994.
5. NOWAK M., BARLIK R.: Poradnik inżyniera energoelektronika. WNT, Warszawa 1998.
6. KUCZEWSKI Z.: Energoelektronika. WNT, Warszawa 1980.