

# Dławiki wyrównawcze i nasyceniowe

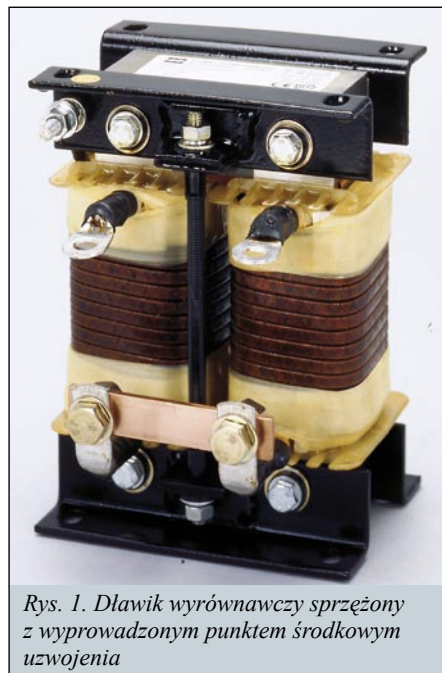
Mirosław Łukiewski

**Elhand Transformatory jest producentem dławików indukcyjnych. Artykuł przedstawia dławiki wyrównujące obciążenie tyrystorów łączonych równolegle oraz dławiki nasyceniowe ograniczające stromość narastania prądu tyrystora.**

## Dławiki wyrównawcze

W przekształtnikach tyrystorowych dużych mocy, gdzie zawory często składają się z kilku tyrystorów łączonych równolegle, stosuje się dławiki wyrównawcze. Ich rolą jest zapewnienie równomiernego rozplywu prądów w połączonych tyrystorach. Problem nierównomiernego obciążania się tyrystorów jest efektem nierównych spadków napięć na tyrystorach. Z tej przyczyny tyrystory przeznaczone do pracy równoległej podlegają selekcji. Mimo to w praktyce zachodzi konieczność wyrównania prądów płynących przez tyrystory. Dławiki wyrównawcze doskonale realizują to zadanie przy bardzo niewielkich stratach [1, 2].

Dławiki wyrównawcze występują jako pojedyncze dławiki jednoczojennowe oraz jako dławiki sprzężone. Dławiki wyrównawcze jednoczojennowe pracują niezależnie w obwodzie katodowym połączonych tyrystorów. W tym układzie bardzo niebezpieczne byłoby nasycenie dławika. Nasyceniu najwcześniej uległ-



Rys. 1. Dławik wyrównawczy sprzężony z wyprowadzonym punktem środkowym uzwojenia

by dławik tyrystora o największym i najszybciej narastającym prądzie. Nasycenie któregośkolwiek z dławików spowodowałoby przejście całego obciążenia i pewne uszkodzenie tyrystora. Dlatego ze względów bezpieczeństwa dławiki wyrównawcze jednoczojennowe projektuje się przy bardzo niskiej indukcji w rdzeniu, często na rdzeniach otwartych lub jako cewki powietrzne [1, 2].

Dławiki wyrównawcze sprzężone mają dzielone uzwojenie wyprowadzonym punktem środkowym (rys. 1).

Załóżmy, że tyrystor T1 szybciej wchodzi w stan przewodzenia i prąd tego tyrystora szybciej narasta [1]:

$$\frac{di_{T1}}{dt} > \frac{di_{T2}}{dt} \quad (1)$$

W uzwojeniu dławika indukuje się wówczas siła elektromotoryczna przeciwdziałająca napięciu na tyrystorze T1 i zwiększająca napięcie na tyrystorze T2 (rys. 2), proporcjonalna do indukcyjności uzwojenia i szybkości narastania prądu [1]:

$$e = -L \frac{di_{T1}}{dt} \quad (2)$$

Powoduje to opóźnienie narastania prądu tyrystora T1 i przyspieszenie narastania prądu tyrystora T2. Tyrystor T2 po przekroczeniu napięcia minimalnego  $U_{min} = 1$  V przejdzie w stan przewodzenia. Równanie napięć oczka tyrystorowego przyjmuje postać [1]:

$$2L \frac{di_{T1}}{dt} = U_{T1} + U_{min} \quad (3)$$

gdzie:

$U_{T1}$  – spadek napięcia na przewodzącym tyrystorze;

$L$  – indukcyjność dławika wyrównawczego;

$di_{T1}/dt$  – szybkość narastania prądu tyrystora T1.

Stąd wyznaczamy minimalną indukcyjność dławika wyrównawczego, która zapewnia poprawne, równomierne obciążenie tyrystorów [1]:

$$L_{min} = \frac{U_{T1} + U_{min}}{2 \cdot di_{T1}/dt} \quad (4)$$

Na podstawie konfiguracji obwodu można określić wymaganą szybkość narastania prądu tyrystora T1 [1]:

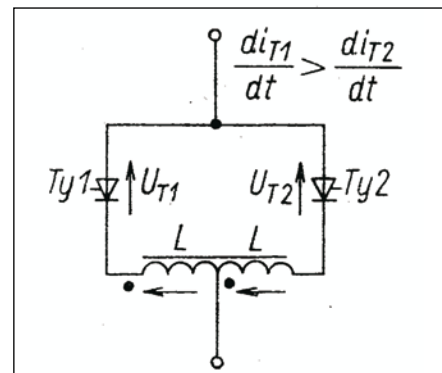
$$\frac{di_{T1}}{dt} \approx \sqrt{\frac{\pi \cdot I_{sr} \cdot U_{do}}{8 \cdot m \cdot L_{Tr}}} \quad (5)$$

gdzie:

$I_{sr}$  – średni prąd wyprostowany;

$U_{do}$  – średnie napięcie prostownika niesterowalnego w stanie jałowym;

$L_{Tr}$  – indukcyjność fazy transformatora zasilającego prostownik.



Rys. 2. Dławik wyrównawczy sprzężony w obwodzie z tyrystorami [1]

## Dławiki nasyceniowe

Szybkie narastanie prądu tyrystora może być dla niego niebezpieczne. Podczas załączenia może wystąpić lokalne przegrzanie złącza. Powodem tego zjawiska jest skończona prędkość powiększania się powierzchni złącza biorącego udział w przewodzeniu. Należy doprowadzić do sytuacji, w której szybkość powiększania się powierzchni przewodzącej złącza będzie co najmniej równa szybkości narastania prądu przewodzenia. Zrealizować takie zadanie i jednocześnie zabezpieczyć tyrystory można, stosując dławiki nasyceniowe.

Zadaniem dławika będzie wprowadzenie niewielkiego opóźnienia w szybkości narastania prądu przewodzenia, aż do chwili, gdy będzie przewodziło całe złącze tyrystora. Czas opóźnienia, po którym całe złącze znajduje się w stanie przewodzenia, to ok. 100–200  $\mu$ s [1, 2].



Rys. 3. Dławik nasyceniowy

Charakterystyka dławika jest tak kształtowana, by po wprowadzeniu opóźnienia uległ on nasyceniu. Do prawidłowego doboru dławika konieczna jest znajomość charakterystyki czasowej powiększania się powierzchni przewodzącej złącza.

Obliczenia dławika polegają na wstępnym wyznaczeniu objętości rdzenia, przy założeniu, że czas, po którym dławik powinien ulec nasyceniu, to ok. 10  $\mu$ s oraz że prąd przewodzenia tyrystora w tym czasie nie powinien przekraczać 5% maksymalnej wartości [1]:

$$V_{core} = \frac{0,05 I_{Tm} \cdot U_{DWM} \cdot t_{op}}{\Delta B_m \cdot H_m} \quad (6)$$

Następnie dobieramy rdzeń i wyznaczamy liczbę zwojów [1]:

$$z = \frac{H_m \cdot l_{Fe}}{0,05 I_{Tm}} \quad (7)$$

Odczytując przenikalność magnetyczną rdzenia w stanie nienasyconym, możemy wyliczyć jego indukcyjność [1]:

$$L_{nas} = \frac{\mu_{Fe} \cdot z^2 \cdot S_{Fe}}{l_{Fe}} \quad (8)$$

gdzie:

- $I_{Tm}$  – maksymalna wartość prądu przewodzenia tyrystora;
- $U_{DWM}$  – maksymalne napięcie tyrystora przed włączeniem;
- $\Delta B_m$  – maksymalna zmiana indukcji rdzenia;
- $H_m$  – natężenie pola w chwili nasycenia;
- $t_{op}$  – czas od chwili wystawienia tyrystora do nasycenia dławika;
- $l_{Fe}$  – długość drogi magnetycznej;
- $\mu_{Fe}$  – przenikalność rdzenia w stanie nienasyconym;
- $S_{Fe}$  – pole przekroju rdzenia.

#### Literatura

- [1] ŁASTOWIECKI J.: *Elementy magnetyczne w układach napędowych*. WNT, Warszawa 1982.
- [2] ŻYBORSKI J., LIPSKI T.: *Zabezpieczenia diod i tyrystorów*. WNT, Warszawa 1979.



**ELHAND TRANSFORMATORY**  
ul. PCK 22  
42-700 Lubliniec  
e-mail: m.lukiewski@elhand.pl

reklama

**elhand**   
TRANSFORMATORY

wyróżnia nas jakość

42-700 Lubliniec  
ul. PCK 22  
tel. (+48 34) 3531710, 3513220  
fax (+48 34) 3564003  
e-mail: info@elhand.pl  
www.elhand.pl

## TRANSFORMATORY

moc od 0,05 kVA do 1600 kVA

## DŁAWIKI

silnikowe, sieciowe, filtracyjne,  
kompensacyjne, wygładzające,  
sprzęgające, specjalne

## ZASILACZE DC

## URZĄDZENIA SPECJALNE