

Indukcyjny filtr prostowniczy

Mirosław Łukiewski

Elhand Transformatory jest producentem dławików wygładzających przeznaczonych do pracy w indukcyjnych filtrach prostowniczych. W artykule omówiono podstawowe parametry techniczne indukcyjnych filtrów wygładzających oraz przedstawiono powietrzne i rdzeniowe elementy indukcyjne.

Parametry filtrów prostowniczych

W obwodzie obciążenia układu prostowniczego otrzymuje się pulsujące napięcie wyjściowe, będące sumą składowej stałej i zmiennej. W miarę zwiększania ilości faz układu prostowniczego pulsacje napięcia wyprostowanego zmniejszają się. Mimo to podejmuje się działania w celu redukcji pulsacji, niekorzystnych z punktu widzenia odbiornika. Między wyjściem prostownika a obciążeniem umieszcza się filtr prostowniczy. Filtr taki w ogólnym przypadku jest czwórnikiem złożonym z elementów reaktancyjnych.

Wartość pulsacji napięcia wyjściowego prostownika określa się przez współczynnik pulsacji (k_p). Współczynnik ten jest najczęściej definiowany jako stosunek składowej zmiennej U_{\sim} do wartości średniej napięcia wyprostowanego U_o (1). Składowa zmienna zawiera szereg harmonicznych, dla których można wyznaczyć odpowiednie współczynniki pulsacji [1, 2].

$$k_p = \frac{U_{\sim}}{U_o} = \frac{\sqrt{\sum U_k^2}}{U_o} \quad (1)$$

Składowa zmienna utożsamiana jest w wielu przypadkach z amplitudą najniższej harmonicznej składowej zmiennej, wtedy zależność przyjmuje postać:

$$k_p = \frac{U_{1\max}}{U_o} \quad (2)$$

Filtr prostowniczy zastosowany na wyjściu prostownika należy tak zaprojektować, by współczynnik pulsacji na wyjściu nie był większy od założonego. Skuteczność filtru lepiej obrazowana jest przez współczynnik wygładzenia (k_w) – filtracji:

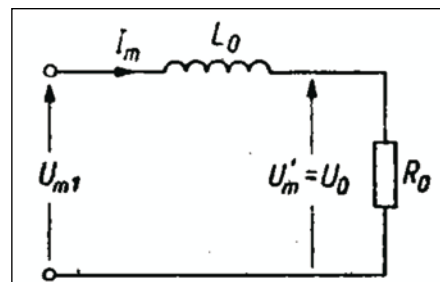
$$k_w = \frac{k_{pwe}}{k_{pwy}} = \frac{U_{\sim we}}{U_{o we}} \cdot \frac{U_{o wy}}{U_{\sim wy}} \cong \frac{U_{\sim we}}{U_{\sim wy}} \quad (3)$$

Współczynnik wygładzenia definiowany jest jako zależność współczynnika pulsacji na wejściu do współczynnika pulsacji na wyjściu filtru.

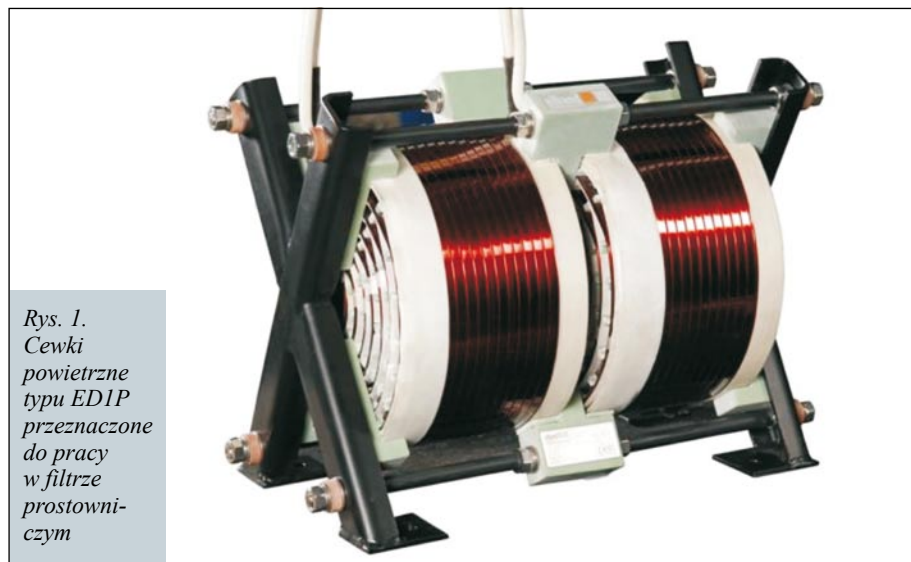
Filtr indukcyjny

Najprostszym filtrem może być element reaktancyjny połączony szeregowo lub równoległe z odbiornikiem. Reaktancja dławika dla prądu przemiennego

jest duża, dlatego odkłada się na niej znaczna część składowej zmiennej napięcia, w skutek czego pulsacja na wyjściu filtru zmniejsza się. Przy założeniu, że filtr ma bardzo małą rezystancję, na reaktancyjnych elementach filtru tracona jest niewielka część składowej stałej. Elementy indukcyjne pracujące w filtrach wygładzających mają różne własności wynikające głównie z różnic konstrukcyjnych. Stosowane są dławiki rdzeniowe z otwartym lub zamkniętym magnetowodem (rys. 3, 4). Dławiki rdzeniowe mają nieliniową, dążącą do nasycenia charakterystykę obciążenia. Dławiki powietrzne – bezrdzeniowe (rys. 1) – są elementami liniowymi. W miarę wzrostu prądu obciążenia dławik powietrzny nie ulega nasyceniu, a jego indukcyjność utrzymuje stałą niezmienną wartość.



Rys. 2. Filtr indukcyjny [1]



Rys. 1. Cewki powietrzne typu EDIP przeznaczone do pracy w filtrze prostowniczym



Rys. 3. Dławik EDIW filtru wygładzającego z otwartym obwodem magnetycznym



Rys. 4. Dławik ED1W filtru wygładzającego z rdzeniem zamkniętym typu EI

Prosty filtr indukcyjny przedstawia rys. 2. Załóżmy, że do odbiornika przyłożono napięcie o składowej zmiennej U_{m1} . Wówczas przez obciążenie R_o popłynie prąd przemienny o amplitudzie określonej równaniem (4) [1].

$$I_m = \frac{U_{m1}}{\sqrt{R_o^2 + (\omega L_o)^2}} \quad (4)$$

Przepływ prądu I_m wywoła spadek napięcia U_m na obciążeniu R_o :

$$U_m = \frac{U_{m1} \cdot R_o}{\sqrt{R_o^2 + (\omega L_o)^2}} \quad (5)$$

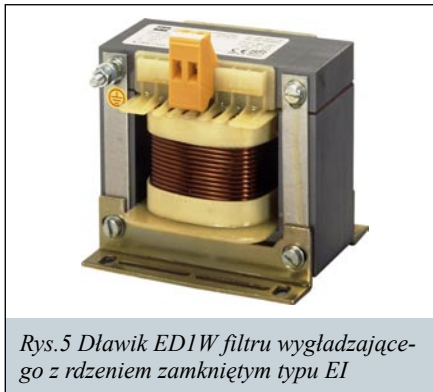
Rezystancja dławików przeznaczonych do pracy w filtrach powinna być bardzo mała w stosunku do jego reaktancji. W takim przypadku można przyjąć, że składowa stała napięcia na obciążeniu jest równa wartości średniej napięcia wyjściowego prostownika U_o .

Współczynniki pulsacji napięcia na wejściu oraz na wyjściu filtru można zapisać następująco:

$$k_{pwe} = \frac{U_{m1}}{U_o} \quad (6)$$

$$k_{pwy} = \frac{U_m}{U_o} = \frac{U_{m1} \cdot R_o}{U_o \cdot \sqrt{R_o^2 + (\omega L_o)^2}} \quad (7)$$

Możemy stąd wyznaczyć współczynnik wygładzenia filtru indukcyjnego. Dla większych obciążeń w obliczeniach należy uwzględnić również wartość rezystancji uzwojeń dławika R_D :



Rys. 5 Dławik ED1W filtru wygładzającego z rdzeniem zamkniętym typu EI

$$k_w \approx \frac{\sqrt{R_o^2 + (\omega L_o)^2}}{R_o} = \sqrt{1 + \frac{(\omega L_o)^2}{(R_o + R_D)^2}} \quad (8)$$

Indukcyjność L_o i rezystancja R_D dławika oraz rezystancja obciążenia R_o decydują o wartości współczynnika wygładzenia. Wartość współczynnika będzie przy małych obciążeniach dążyła do jedności. Wymagane zmniejszenie pulsacji napięcia na obciążeniu zapewnimy, dobierając odpowiednią wartość indukcyjności dławika [1]:

$$L_o \approx \frac{R_o + R_D}{\omega} \cdot \sqrt{k_w^2 - 1} \quad (9)$$

Prąd na wyjściu prostownika będzie ciągły, jeśli współczynnik wygładzania k_w będzie większy od współczynnika pulsacji na wejściu filtru k_{pwe} . Zależność poniższa jest warunkiem ciągłości prądu, który należy brać pod uwagę podczas projektowania filtru. Współczynnik $k_h > 1$ przedstawia udział wyższych harmonicznych w krzywej napięcia wyprostowanego [1]:

$$k_w > k_h \cdot k_{pwe} \quad (10)$$

Literatura

- [1] LENART B.: *Prostowniki stabilizowane*. WMON, Warszawa 1972.
- [2] LENART B., SIERADZAN R.: *Prostownianie i stabilizacja prądów i napięć*. WMON, Warszawa 1960.



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