

Dławik wygładzający z otwartym obwodem magnetycznym

Mirosław Łukiewski

Elhand Transformatory jest producentem dławików wygładzających przeznaczonych do pracy w obwodach wyjściowych prostowników dużych mocy. Artykuł przedstawia parametry techniczne dławików z otwartym obwodem magnetycznym.

Indukcyjność dławika z rdzeniem otwartym

Dławiki wygładzające z otwartym obwodem magnetycznym przeznaczone są do współpracy z prostownikami dużych mocy. W obwodzie wyjściowym prostowników występuje dominująca składowa stała prądu oraz pulsacje często o wysokich częstotliwościach. Dławiki wygładzające stanowią filtr indukcyjny ograniczający amplitudę pulsacji.

Strumień magnetyczny wytwarzany w uzwojeniu dławika zwykle skupiony jest w obrębie zamkniętego magnetowodu. Średnia długość drogi przebiegu strumienia magnetycznego w takim przypadku jest określona bezpośrednio przez wymiary rdzenia. W otwartym obwodzie magnetycznym strumień opuszcza rdzeń i przenikając otaczającą dławik przestrzeń, domyka się poprzez powietrze. Droga strumienia magnetycznego zależy od kształtu i typu uzwojenia dławika (współczynnik kształtu ψ). Właściwe wyznaczenie średniej długości drogi przebiegu strumienia magnetycznego w obwodzie magnetycznym otwartym decyduje o dokładności wszelkich kolejnych obliczeń projektowych [1, 2].

Porównując ogólną zależność na indukcyjność cewki powietrznej oraz za-

leżność opisującą indukcyjność cewki z obwodem zamkniętym, wyznaczmy średnią długość drogi strumienia magnetycznego w cewce powietrznej:

$$l = \frac{\pi^2 \cdot D}{\Psi} \quad (1)$$

Wypadkowa przenikalność magnetyczna rdzenia otwartego μ_{ot} zależy od rozkładu gęstości strumienia magnetycznego na całej długości kolumny rdzenia.

$$\mu_{ot} = \frac{1}{1 - \frac{b}{l} \left(1 - \frac{1}{\mu_r}\right)} \quad (2)$$

W przypadku, gdy długość uzwojenia jest mniejsza od długości rdzenia, gęstość strumienia magnetycznego w rdzeniu nie jest równomierna, co wpływa na obniżenie wartości wypadkowej przenikalności magnetycznej rdzenia.

Indukcję w rdzeniu otwartym opisuje zależność:

$$B_{ot} = \frac{4 \cdot \pi \cdot n \cdot I \cdot \sqrt{2} \cdot \mu_r}{10 \cdot l \cdot \left[\mu_r - \frac{b}{l} (\mu_r - 1)\right]} \quad (3)$$

Strumień magnetyczny wytwarzany w uzwojeniu dławika wyznaczamy z zależności:

$$\Phi_{ot} = \frac{4 \cdot \pi \cdot n \cdot I \cdot \sqrt{2} \cdot S \cdot \mu_{ot}}{10 \cdot l} \quad (4)$$

Znając wartość strumienia magnetycznego wytwarzanego w uzwojeniu, możemy wyliczyć indukcyjność dławika z otwartym rdzeniem:

$$L_{ot} = \frac{\Phi_{ot} \cdot n}{I \cdot \sqrt{2}} \quad (5)$$

Gdzie:

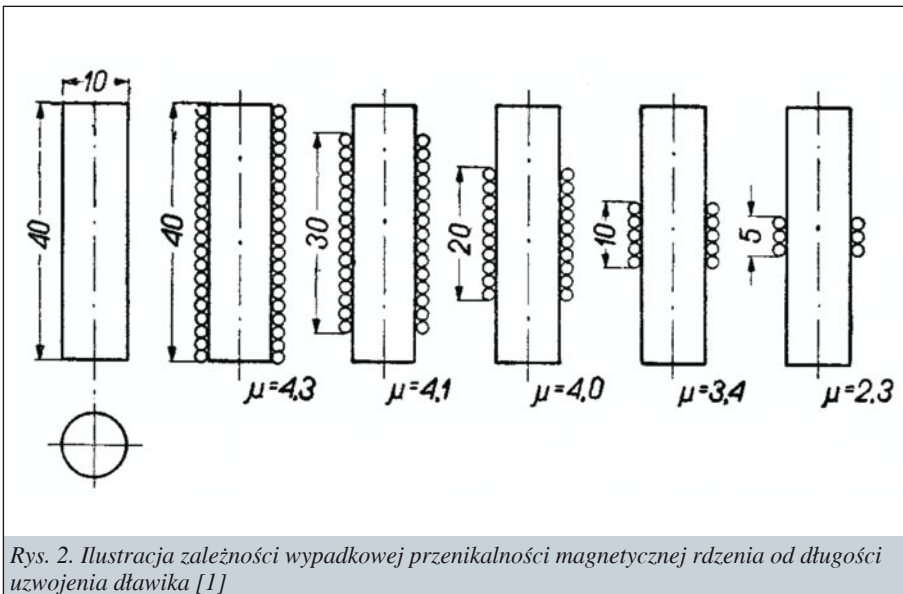
- ψ – współczynnik kształtu cewki;
- D – średnica cewki powietrznej;
- b – długość uzwojenia;
- n – ilość zwojów cewki dławika;
- $S = \pi D^2/4$ – pole przekroju rdzenia;
- l – średnia długość drogi magnetycznej w cewce powietrznej;
- μ_{ot} – przenikalność magnetyczna wypadkowa rdzenia;
- μ_r – przenikalność magnetyczna względna materiału rdzenia [1].

Straty dławika z rdzeniem otwartym

W otwartym magnetowodzie dławika występują straty histerezowe wprowadzające oporność, straty pochodzące od



Rys. 1. Dławik wygładzający z otwartym obwodem magnetycznym



Rys. 2. Ilustracja zależności wypadkowej przenikalności magnetycznej rdzenia od długości uzwojenia dławika [1]

prądów wirowych oraz straty z pozostałości magnetycznej [1, 3]:

$$R_h = \delta_h \cdot 2\pi \cdot f \cdot L_o \cdot \mu_{ot} \cdot H \cdot \frac{l_{Fe}}{l} \quad (6)$$

$$R_w = \delta_w \cdot 2\pi \cdot f^2 \cdot L_o \cdot \mu_{ot} \cdot \frac{l_{Fe}}{l} \quad (7)$$

$$R_{pm} = \delta_{pm} \cdot 2\pi \cdot f \cdot L_o \cdot \mu_{ot} \cdot \frac{l_{Fe}}{l} \quad (8)$$

W obwodzie elektrycznym występują straty ciepłe przewodu potęgowane dodatkowo zjawiskiem naskórkowości oraz straty pochodzące od prądów wirowych powstających w uzwojeniu. Straty te indukowane są przez pole magnetyczne zwojów sąsiednich oraz strumień rozproszenia powstający wokół szczelin powietrznych rdzenia. Otwarta konstrukcja rdzenia, która zakłada, iż strumień magnetyczny w znacznej części przebiega w powietrzu, powoduje występowanie w otoczeniu cewki strat indukcyjnych [1, 4].

Straty dielektryczne powstają w izolacji uzwojenia. Zależą od klasy i ilości zastosowanych materiałów dielektrycznych, wilgotności powietrza pogarszającej stratność materiału izolacyjnego, natężenia pola elektrycznego oraz częstotliwości [1].

$$R_d = \frac{\omega^3 \cdot L^2 \cdot C_o \cdot tg\delta}{\left[1 - \left(\frac{f}{f_r}\right)^2\right]^2} \quad (9)$$

Gdzie:

$\delta_w, \delta_h, \delta_{pm}$ – współczynniki strat odpowiednio wiroprądowych, histerezowych i z pozostałości magnetycznej;

$H = B_{ot}/\mu_{ot}$ – natężenie pola magnetycznego w rdzeniu;

l_{Fe} – długość drogi magnetycznej w rdzeniu;

$\omega = 2\pi f$ – pulsacja napięcia zasilającego;

L_o – indukcyjność cewki bez rdzenia;

L – indukcyjność dławika;

C_o – pojemność własna cewki;

$tg\delta$ – współczynnik stratności izolacji;

f, f_r – częstotliwość napięcia zasilającego i częstotliwość rezonansowa cewki [1].

Literatura

- [1] ANTONIEWICZ J. (red.): *Poradnik radio- i teleelektryka*. Tom B, PWT, Warszawa 1959.
- [2] ELBAUM J.: *Obwody magnetyczne*. PWT, Warszawa 1959.
- [3] Praca zbiorowa pod kierunkiem Eugeniusza Jezierskiego: *Budowa i obliczanie rdzeni transformatorów energetycznych*. WNT, Warszawa 1979.
- [4] Praca zbiorowa pod kierunkiem Eugeniusza Jezierskiego: *Uzwojenia transformatorów energetycznych – budowa i obliczanie*. WNT, Warszawa 1982.



nawijać
trzeba umieć