

Dławiki sieciowe i komutacyjne

Prostownik pracujący w obwodzie wejściowym falownika pobiera z sieci prąd silnie odkształcony. Wywołuje to zwiększone straty w transformatorach energetycznych oraz w niektórych przypadkach wtórnie powoduje odkształcenie sinusoidy napięcia zasilającego. Częściowe ograniczenie odkształcenia prądu uzyskuje się między innymi poprzez zastosowanie dławików sieciowych.

W artykule przedstawiono parametry użytkowe dławików wejściowych stosowanych w falownikowych układach napędowych. Omówiono zagadnienia związane z zadaniami i konstrukcją dławików rdzeniowych.

Zadania elementów indukcyjnych w układzie napędowym

Zasilanie układów napędowych za pomocą przekształtników z modulacją impulsów wyjściowych PWM (*Pulse Width Modulation*) przy dużych częstotliwościach kluczenia oraz dużych stromościach impulsów napięcia du/dt jest przyczyną występowania szeregu zjawisk pasożytniczych w kablach zasilających i silnikach. Niekorzystne oddziaływania występują również po stronie sieci zasilającej. Większość falowników zbudowana jest w topologii z sześciopulsowym prostownikiem na wejściu. Taka konstrukcja jest przyczyną silnego odkształcenia prądu pobieranego z sieci przez falownik. Prąd pobierany przez sześciopulsowy prostownik jest sumą prądów harmonicznych z których harmoniczna piąta jest dominująca. Amplitudy wszystkich harmonicznych prądu pobieranych przez prostownik zależą od impedancji sieci w miejscu połączenia prostownika z siecią. Harmoniczne prądu działają niekorzystnie na energetyczne transformatory sieciowe powiększając ich straty oraz wtórnie wywołując odkształcenie sinusoidy napięcia zasilającego [1].



Rys. 1 Trójfazowy dławik komutacyjny typu 3RTN -8%

Częściowe ograniczenie oddziaływania przekształtnika na sieć zasilającą można uzyskać stosując szeregowy dławik sieciowy w torze zasilania przemiennika. Dławiki sieciowe powiększają impedancję sieci zasilającej wpływając na ograniczenie amplitudy prądów harmonicznych pobieranych z sieci przez prostowniki. Przy zastosowaniu dławika możemy ograniczyć wartość współczynnika zawartości harmonicz-

nych prądu THDi do wartości około 35%. Dalsze ograniczanie zawartości harmonicznych w prądzie pobieranym z sieci jest możliwe przy zastosowaniu filtrów wyższych harmonicznych na przykład typu ThdECO™ [2].

W układach tyrystorowych dławiki komutacyjne o dużej indukcyjności 5 – 8% ograniczają skutki występowania zapadów komutacyjnych oraz zmniejszają występujące wtórnie przepięcia komutacyjne. Dławik o dużej indukcyjności jest magazynem energii w polu magnetycznym. Oddaje zmagazynowaną energię w czasie komutacji nie dopuszczając lub ograniczając głębokość zapadu napięcia. W odróżnieniu od dławików komutacyjnych, dławiki sieciowe mają przeważnie mniejszą indukcyjność na której występuje około 2 – 4% spadek napięcia podczas przepływu prądu znamionowego.



Rys. 2 Trójfazowy dławik sieciowy typu 3RTN-2%

Konstrukcja i parametry dławików wejściowych

Straty dławików zależą silnie od zawartości harmonicznych w prądzie dławika. W trakcie obliczeń niezwykle ważne jest właściwe określenie widma harmonicznych prądów w obwodzie dławika oraz amplitud tych harmonicznych zgodnie z rzeczywistymi warunkami pracy. Tylko wówczas, gdy do projektu przyjęty zostanie rzeczywisty kształt napięcia i prądu, dławik będzie pracował poprawnie, osiągnie założone temperatury a wyliczone straty znajdą potwierdzenie podczas eksploatacji.

W uzwojeniu dławika, w którym płyną prądy harmoniczne o stosunkowo wysokich częstotliwościach występuje efekt naskórkowości (ang. Skin effect) oraz efekt zbliżenia (ang. Proximity effect). Zjawiska te mają istotny wpływ na wartość strat w uzwojeniach dławików, a ich zrozumienie pozwala prawidłowo zaplanować ułożenie przewodów. Efekt naskórkowości wywołuje przepływ prądu jedynie w warstwie powierzchniowej przewodów, a grubość war-

stwy przewodzącej maleje ze wzrostem częstotliwości. Ograniczenie zjawiska nasłórkowości realizuje się stosując uzwojenia nawijane wiązką równoległych, izolowanych przewodów. Przekrój pojedynczego przewodu w wiązce definiowany jest w zależności od głębokości wnikania prądu na powierzchni przewodu. Głębokość wnikania prądu (l) zależy od częstotliwości (f), przenikalności magnetycznej (μ , μ_0 , μ_r) oraz konduktywności (σ) przewodnika [3].

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_0 \mu_r \sigma}} \quad (1)$$

Na straty w rdzeniu magnetycznym dławika składają się podstawowe straty histerezowe i wiropądowe oraz dodatkowe straty związane ze strumieniem rozproszenia, występujące zwłaszcza w miejscach nieciągłości rdzenia. Ograniczenie strat wiropądowych poprzez pakietowanie rdzenia z cienkich, izolowanych blach w przypadku dławików nie wystarcza. W obszarach przyszczelinowych występuje zmiana kierunku przebiegu strumienia, który generuje dodatkowe straty wiropądowe w materiale rdzenia, uzwojeniu oraz w przewodzących elementach konstrukcyjnych.

W rdzeniu magnetycznym przemagnesowywanym okresowo występują siły magnetyczne i magnetostrykcyjne. Wielkość sił magnetycznych i magnetostrykcyjnych zależy od maksymalnych, lokalnych wartości indukcji magnetycznej w rdzeniu. Działające siły wywołują zmienne naprężenia

w blachach rdzenia, co skutkuje drganiami elementów konstrukcji i polem akustycznym wokół dławika.

Uzwojenie dławika zaprojektowane są w sposób ograniczający straty dodatkowe wynikające z obecności harmonicznych prądu (ang. Skin effect). Dzięki kompleksowym działaniom technologicznym ograniczającym straty, obniżenie strat łącznych dławika może sięgać 30-40%.

Firma TRAFECO Sp. J. produkuje oprócz, wysokiej jakości dławików sieciowych i komutacyjnych również nietypowe elementy indukcyjne zaprojektowane według indywidualnych specyfikacji, dedykowane do pracy w specjalnych lub trudnych warunkach eksploatacji.

Literatura

- [1] Hanzelka Z., Jakość dostaw energii elektrycznej. Zaburzenia wartości skutecznej napięcia. AGH, Kraków 2013
- [2] Łukiewski M., Łukiewska A., Pawlaczyk L., Wieloszczelinowe rdzenie w dławikach filtrów sinusoidalnych; ME-ZP Nr2/2017 (114), KOMEL 2017
- [3] Kazimierzczuk M.K., High-frequency magnetic components, 2009 A John Wiley and Sons, Ltd.

Mirosław Łukiewski
m.lukiewski@trafeco.pl
TRAFECO Sp. J.
www.trafeco.pl ■



trafeco

Transformers & Inductive Components

- >> TRANSFORMATORY
- >> DŁAWIKI
- >> FILTRY SINUS SinECO™
- >> FILTRY WYŻSZYCH HARMONICZNYCH ThdECO™
- >> URZĄDZENIA SPECJALNE

e-mail: info@trafeco.pl
www.trafeco.pl

