

Dławiki układów napędowych z rdzeniami w technologii wieloszczelinowej CoreECO™

Dławiki układów napędowych pracujące na wyjściu falownika są narażone na działanie napięć i prądów harmoniczných. Takie warunki pracy sprzyjają powstawaniu znacznych strat dodatkowych. Zastosowanie najlepszych materiałów magnetycznych oraz nowych rozwiązań technologicznych i konstrukcyjnych w dławikach decyduje o ich parametrach technicznych i trwałości. Firma TRAFECO Sp. J. jest producentem niskostratnych dławików dedykowanych do pracy w układach napędowych.

Oddziaływanie przemienników częstotliwości

Sterowane układy napędowe zasilane są za pomocą falowników napięcia z modulacją impulsów wyjściowych PWM (Pulse Width Modulation). Układy takie mogą pracować przy coraz większych częstotliwościach kluczenia oraz dużych stromościach impulsów napięcia du/dt . Jest to przyczyną występowania szeregu zjawisk pasożytniczych w silnikach. Przepięcia na zaciskach silnika, wzrost strat i hałasu są zjawiskami, które skracają czas życia silnika oraz ograniczają sprawność [1, 2].

Ograniczenie oddziaływania odkształconego napięcia na silnik i linię kablową osiąga się stosując na wyjściu przekształt-

nika dławiki silnikowe typu 3RTM lub dławiki du/dt typu 3RTU. Dławiki silnikowe i du/dt kompensują częściowo pojemność kabla oraz łagodzą stromość narastania impulsów napięcia du/dt co zabezpiecza układ izolacyjny silnika i kabla. W elementach indukcyjnych pracujących na wyjściu przemiennika powstają podobnie jak w silniku straty dodatkowe. Wielokość strat dodatkowych powstających w rdzeniu i uzwojeniu dławika uzależniona jest od jego konstrukcji i zastosowanych rozwiązań technologicznych. Szerokie szczeliny w rdzeniu dławika powodują rozpraszanie strumienia magnetycznego co jest bezpośrednim powodem występowania dodatkowych strat w rdzeniu [4, 5].

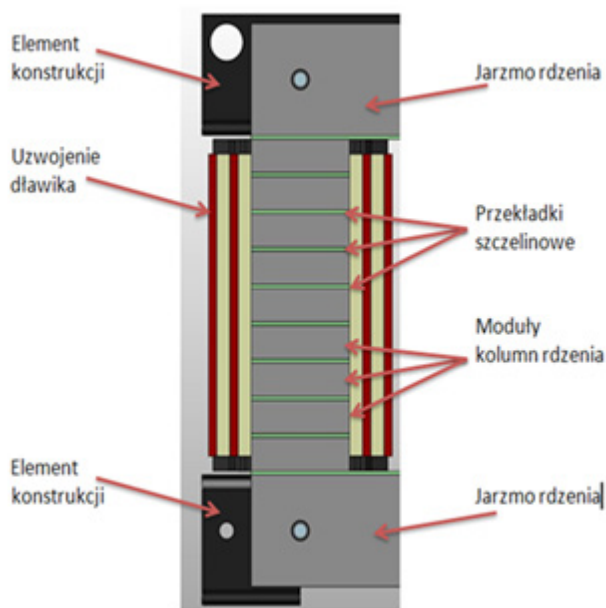
CoreECO™ wieloszczelinowa technologia budowy rdzenia

Klasyczny rdzeń dławika budowany jest z pakietów anizotropowych blach transformatorowych. Konstrukcja rdzenia zakłada występowanie kilku szerokich szczelin powietrznych pomiędzy blokami materiału magnetycznego w każdej kolumnie. Elementy konstrukcyjne rdzenia takie jak kątowniki czy szpilki, wykonane są ferromagnetycznego metalu. Ze względu na rodzaj zastosowanych do budowy dławika materiałów, powstają straty histerezy w elementach ferromagnetycznych oraz straty wiropądowe we wszystkich przewodzących elementach dławika. Intensywność strat podstawowych powstających w rdzeniu dławika zależy od amplitud i częstotliwości występujących w obwodzie prądów harmoniczných oraz wartości indukcji maksymalnej w rdzeniu. Strat wiropądowe ponadto zależą silnie od grubości blach magnetycznych oraz od kierunku przebiegu strumienia magnetycznego w rdzeniu. Wielkość strat histerezy uzależniona jest od stratności zastosowanego materiału magnetycznego.

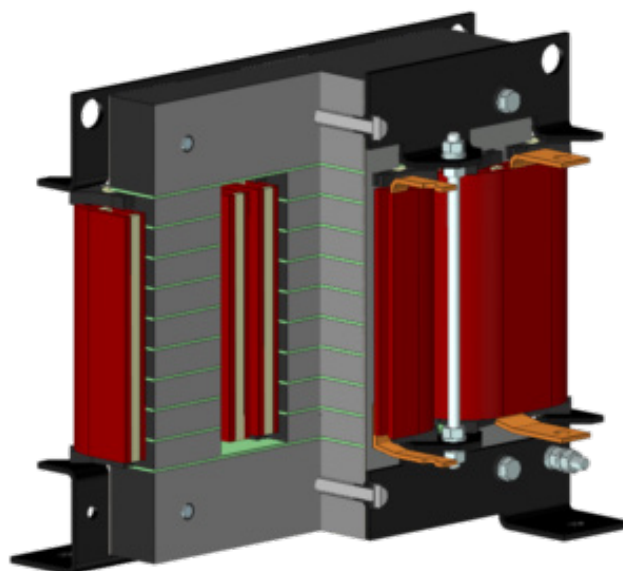
Ciągły rdzeń magnetyczny – magnetowód skupia strumień magnetyczny wytworzony przez uzwojenia dławika oraz stabilizuje kierunek jego przebiegu. Rdzeń magnetyczny



Rys. 1. Nisko-stratny dławik silnikowy typu 3RTM z rdzeniem w technologii wieloszczelinowej CoreECO™ ograniczającej straty.



Rys. 2. Przekrój kolumny rdzenia w technologii wieloszczelinowej CorECO™ ograniczającej straty w dławikach.



Rys. 3. Ilustracja konstrukcji dławika z rdzeniem w technologii wieloszczelinowej CorECO™ ograniczającej straty w dławikach.

najczęściej jest pakietowany lub zwijany z blach o możliwie małej grubości w kierunku przebiegu strumienia. Pozwala to uzyskać niskie straty gdy znany i przewidywalny jest kierunek przebiegu strumienia w rdzeniu. W rdzeniach dławików występują nieciągłości w postaci poprzecznych szczelin powietrznych w kolumnach. Szerokie szczeliny powietrzne w rdzeniu powodują zmianę kierunku przebiegu strumienia w obszarach przyszczelinowych oraz wywołują zewnętrzny strumień rozproszenia. Zmiana kierunku przebiegu strumienia powoduje wzrost strat podstawowych histerezowych z powodu anizotropii materiału rdzenia oraz silny wzrost strat wiropądowych w rdzeniu. Zasięg oddziaływania magnetycznego strumienia rozproszenia zależy od wartości indukcji w rdzeniu i szerokości szczelin powietrznych. Strumień rozproszenia wywołuje wiropądowe straty dodatkowe w uzwojeniu oraz dodatkowe straty wiropądowe i histerezowe w ferromagnetycznych metalicznych częściach konstrukcyjnych dławika.

Ograniczenie strat histerezowych w rdzeniu realizowane jest poprzez zastosowanie transformatorowych blach krzemowych o obniżonej stratności lub amorficznych i nanokrystalicznych materiałów magnetycznych o bardzo wąskiej pę-

tli histerezy. W konstrukcji wieloszczelinowej rdzenia (Rys.2) zmniejszenie zasięgu działania strumienia rozproszenia wokół szczelin powietrznych uzyskuje się ograniczając szerokość pojedynczej szczeliny w rdzeniu. Szeroką szczelinę powietrzną zastępuje się kilkoma lub kilkunastoma wąskimi szczelinami, które zmniejszają odkształcenie drogi strumienia w rdzeniu i zmniejszają strumień rozproszenia w przestrzeni wokół rdzenia.

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 warstwy przewodzącej maleje ze wzrostem częstotliwości.

Ograniczenie zjawiska naskórkowości 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 zale-

Tabela 1. Porównanie parametrów technicznych dławika silnikowego typu 3RTM wykonanie klasyczne i niskostratne

Parametr	3RTM – 0,28mH/56A 400V T40F	
	klasyczny	nisko-stratny
Uzwojenie	2,5x9 mm	2x (2,5x4) mm
Straty w uzwojeniu	54 W	46 W
Rdzeń	3 szczeliny	CoreECO™
Straty w rdzeniu	36 W	19 W
Częstotliwość kluczenia	4 kHz	4kHz
Indukcja w rdzeniu	0,9 T	1 T
Max. przyrost temperatury	83 K	82 K
Masa dławika	~ 7,5 kg	~ 5,5 kg

ży od częstotliwości, przenikalności magnetycznej oraz konduktywności przewodnika.

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. CorECOTM jest niskostratną technologią montażu i pakietowania wieloszczelinowych rdzeni dławikowych, która umożliwia zdecydowane ograniczenie strat w rdzeniu przy jednoczesnym zmniejszeniu intensywności pola akustycznego wokół dławika [5].

W tabeli 1. zestawiono parametry techniczne dławika silnikowego przeznaczonego do napędu o mocy 30kW wykonanego w technologii klasycznej oraz niskostratnej technologii pakietowania rdzenia CorECO™. Uzwojenie dławika również zaprojektowane zostało w sposób ograniczający straty dodatkowe wynikające z obecności harmonicznych prądu. Dzięki kompleksowym działaniom technologicznym ograniczającym straty, obniżenie strat łącznych dławika sięga 30%.

Firma TRAFECO Sp. J. produkuje wysokiej jakości dławiki silnikowe oraz nietypowe elementy indukcyjne zaprojektowane według indywidualnych specyfikacji, dedykowane do pracy w specjalnych, trudnych warunkach eksploatacji.

Mirosław Łukiewski
TRAFECO Sp. J.
www.trafeco.pl

Literatura

- [1]. P. Zientek, „Wpływ parametrów wyjściowych falowników PWM i kabla zasilającego na zjawiska pasożytnicze w silnikach indukcyjnych”, *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 71, str. 119 -124, 2005.
- [2]. J. Bąbierski, „Efektywność silnika elektrycznego zasilanego z przemiennika częstotliwości”, *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 78, str. 129 -134, 2007
- [3]. D. M. Ionel, M. Popescu, C. Cossar, M. I. McGilp, A. Boglietti, A. Cavagnino „A General Model for Estimating the Laminated Steel Losses under PWM Voltage Supply”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, VOL.46, 07 08.2010
- [4]. A. Van den Bossche, V.C. Valchev „Improved calculation of winding losses in gapped inductors”, *Journal of Applied Physics*, 97, 10Q703, 2005
- [5]. Łukiewski M., Łukiewska A., Pawlaczyk L., *Wieloszczelinowe rdzenie w dławikach filtrów sinusoidalnych; ME-ZP Nr2/2017 (114), KOMEL 2017*

