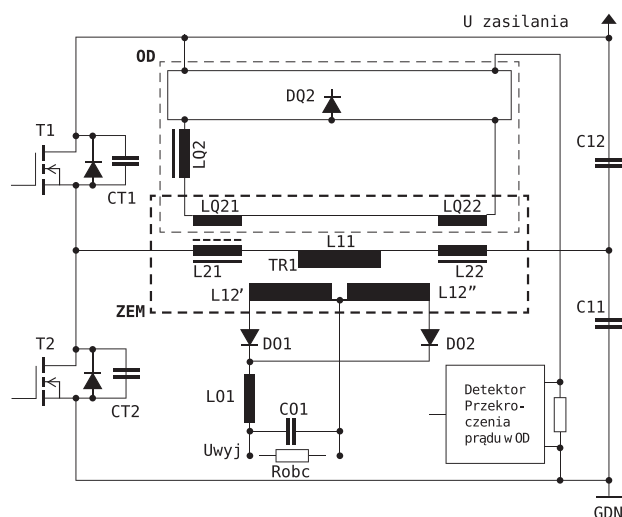


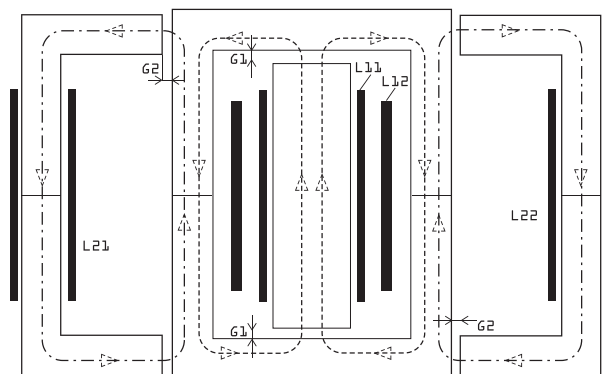
W przedstawionym wynalazku zaprezentowano sposób zmniejszenia strat w zintegrowanym elemencie indukcyjnym oraz zintegrowany element indukcyjny do budowy rezonansowych układów przetwarzania energii zapewniający minimalizację strat w rdzeniu ferromagnetycznym oraz zmniejszenie wartości pasożytniczych pojemności. W pewnym uproszczeniu polega on na wykorzystaniu zjawiska superpozycji wektorów strumieni indukcji magnetycznej we fragmentach zespolonego obwodu magnetycznego. Przy konstrukcji takiego elementu indukcyjnego tak dobiera się kierunki przepływu prądów i kierunki nawijania uzwojeń oraz wymiary szczelin powietrznych w obwodach magnetycznych, aby nakładające się wektory indukcji magnetycznej, pochodzące od różnych elementów indukcyjnych, zmniejszały wartość wypadkowego wektora indukcji magnetycznej przy zachowaniu minimalnych sprzężeń magnetycznych pomiędzy induktorem rezonansowym a pozostałymi elementami indukcyjnymi. Dodatkowo, w coraz popularniejszej topologii opartej o szeregowy obwód rezonansowy typu LLC istnieje możliwość wykorzystania induktora wielouzwojeniowego jako transformatora wyjściowego tym samym zmniejszenie strat ciepłych w indukcyjnych elementach obwodu rezonansowego zaś poprzez dobór stosunku indukcyjności pierwotnej transformatora wyjściowego (L11) do indukcyjności induktora rezonansowego (L21+L22) można kształtować charakterystyki częstotliwościowe i maksymalne napięcia pracy podzespołów obwodu mocy.

Charakterystyka technologii

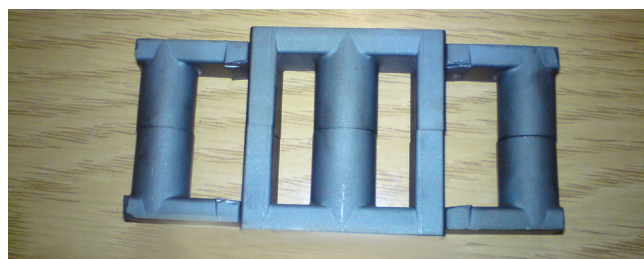


Rys.1 Schemat przekształtnika z szeregowym obwodem rezonansowym typu LLC pracującego w klasie DE, opartego o Zintegrowany Element indukcyjny z układem ogranicznika dobroci OD.

Schemat Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego (ZEM) w którym w wybranych obszarach nakładające się zmienne indukcje magnetyczne, pochodzące od induktora wielouzwojeniowego TR1 pełniącego również rolę transformatora wyjściowego oraz induktorów rezonansowych L21 i L22, skierowane są względem siebie w przeciwnym kierunku, przedstawiono na Rys. 2a, a przykład jego wykonania na Rys. 2b.



Rys. 2a Schemat Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego



Rys. 2b Przykład wykonania Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego

W przedstawionym wynalazku zaprezentowano sposób zmniejszenia strat w zintegrowanym elemencie indukcyjnym oraz zintegrowany element indukcyjny do budowy rezonansowych układów przetwarzania energii zapewniający minimalizację strat w rdzeniu ferromagnetycznym oraz zmniejszenie wartości pasożytniczych pojemności. W pewnym uproszczeniu polega on na wykorzystaniu zjawiska superpozycji wektorów strumieni indukcji magnetycznej we fragmentach zespolonego obwodu magnetycznego. Przy konstrukcji takiego elementu indukcyjnego tak dobiera się kierunki przepływu prądów i kierunki nawijania uzwojeń oraz wymiary szczelin powietrznych w obwodach magnetycznych, aby nakładające się wektory indukcji magnetycznej, pochodzące od różnych elementów indukcyjnych, zmniejszały wartość wypadkowego wektora indukcji magnetycznej przy zachowaniu minimalnych sprzężeń magnetycznych pomiędzy induktorem rezonansowym a pozostałymi elementami indukcyjnymi. Dodatkowo, w coraz popularniejszej topologii opartej o szeregowy obwód rezonansowy typu LLC istnieje możliwość wykorzystania induktora wielouzwojeniowego jako transformatora wyjściowego tym samym zmniejszenie strat ciepłych w indukcyjnych elementach obwodu rezonansowego zaś poprzez dobór stosunku indukcyjności pierwotnej transformatora wyjściowego (L11) do indukcyjności induktora rezonansowego (L21+L22) można kształtować charakterystyki częstotliwościowe i maksymalne napięcia pracy podzespołów obwodu mocy:

$$P_v = P_{v, \text{histerezy}} + P_{v, \text{prądy - wirowe}} + P_{v, \text{reszkowe}}$$

Według danych producentów straty w rdzeniu ferromagnetycznym $P_v(B, f, T)$ zależą głównie od wartości indukcji magnetycznej B , częstotliwości f pola magnetycznego oraz temperatury rdzenia T przy czym:

$$P_v(B) \approx B^{2+y} \text{ gdzie } y \in [0, 1]; P_v(f) \approx f^{1+x} \text{ gdzie } x \in [0, 1]; P_v(T) \text{ ma minimum w okolicy } 90^\circ\text{C.}$$

Przyjmując dla przebiegów sinusoidalnych pracę wektorów indukcji w tej samej płaszczyźnie, ale pracujących w przeciwfazie (przesunięcie o 180°) oraz zakładając taką samą amplitudę indukcji związaną z uzwojeniami transformatora TR1 – L11 i induktorów rezonansowych L21 i L22 - $B_{A1}=B_{A2}=B_A$ otrzymujemy że wypadkowa indukcja $B_{12}(t)$ w pewnych obszarach będzie wynosiła B_{A12} :

$$B_{12}(t) = B_A \cdot (\sin \omega t - \sin(\omega t)) = B_{A12} \cdot 0 = 0$$

Jest to niezmiernie pożądana cecha gdyż w oparciu o fragmenty obwodu magnetycznego 1 i 2 induktora wielouzwojeniowego zrealizowane zostały dwa elementy indukcyjne, a ponadto istnieje możliwość znacznego zredukowania strat we wspólnych gałęziach obwodów magnetycznych gdyż istnieje możliwość znacznej redukcji wartości amplitudy wektora indukcji magnetycznej.

Dokonano symulacji rozkładu indukcji magnetycznej w zintegrowanym elemencie indukcyjnym, w którym prąd płynący przez induktor rezonansowy $L_2=L_{21}+L_{22}$ równy jest 1.0 jednostek umownych (j.u.) zaś przez induktor L11 płynie prąd 0.67 jednostek umownych. W środkowej kolumnie rdzenia magnetycznego umieszczono szczelinę powietrzną, a kierunki przepływu prądów są tak dobrane że są przesunięte w fazie o 180°. W zewnętrznych gałęziach kształtki ferromagnetycznej strumień indukcji magnetycznej został zmniejszony z wartości 0,8 j.u. do wartości 0,45j.u. W takiej sytuacji możliwe jest oszacowanie względnej zmiany mocy strat przyjmując, że istnieje kwadratowa zależność pomiędzy wartością mocy strat w rdzeniu, a wartością indukcji magnetycznej.

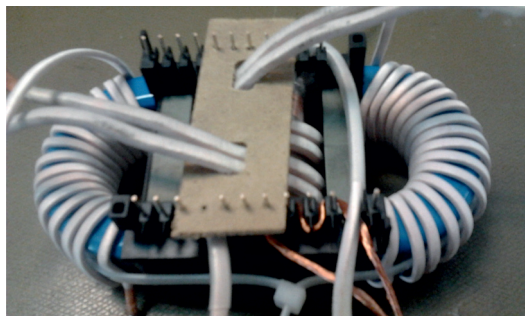
$$P_v = (B) \approx B^2$$

Przykładowo: jeżeli zmniejszenie amplitudy indukcji magnetycznej nastąpiło w 33% objętości rdzenia, a wartość amplitudy indukcji magnetycznej spadła od 0,8 j.u. do wartości 0,45j.u, to na skutek zmniejszenia wartości indukcji magnetycznej w 33% objętości rdzenia zmniejszają się straty ciepłne, w wybranych odcinkach obwodu magnetycznego, o 67% , zaś w całym rdzeniu o ponad 20%.

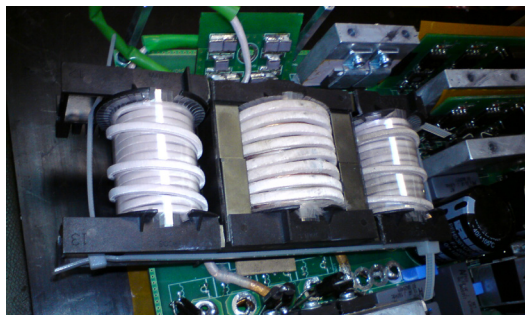
Przykładowe zastosowanie:

Wszelkiego rodzaju rezonansowe układy przetwarzania energii w których pragnie się zredukować straty ciepłne w rdzeniach magnetyczny oraz zmniejszyć wartość szkodliwych pojemności pasożytniczych.

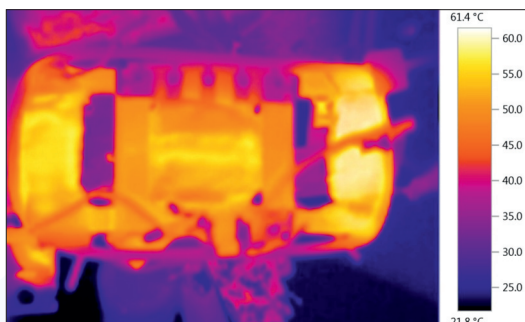
Przykłady na Rys. 3 i Rys.4 przedstawiają sposoby realizacji zintegrowanych elementów indukcyjnych przystosowanych do pracy w rezonansowych przetwornicach DC/DC oraz rozkłady temperatury w tych elementach.



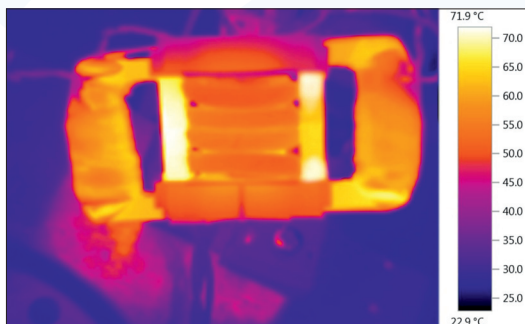
Rys. 3a Przykład wykonania Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego (ZEM) dla zasilacza 3kW wykonanego z rdzeni ETD59 i R50



Rys. 3b Przykład wykonania Zintegrowanego Elementu Indukcyjnego (ZEM) dla zasilacza 3kW wykonanego z rdzeni ETD59



Rys. 4a Rozkład temperatury w Zintegrowanym Elementie Indukcyjnym (ZEM) dla zasilacza o mocy 120W (rdzenie EF25) gdy strumienie magnetyczne są skierowane właściwie (odejmują się).



Rys. 4b Rozkład temperatury w Zintegrowanym Elementie Indukcyjnym (ZEM) dla zasilacza o mocy 120W (rdzenie EF25) gdy strumienie magnetyczne są skierowane niewłaściwie (dodają i odejmują się).

Oferta

Sposób zmniejszenia strat w zintegrowanym elemencie indukcyjnym i zintegrowany element indukcyjny jest objęty ochroną patentową. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie oferuje:

- licencję niewyłączną na technologię w wybranych polach eksploatacji;
- usługę polegającą na adaptacji technologii do potrzeb klienta we współpracy z twórcami wynalazku

Osoby zainteresowane proszone są o kontakt z:

Cezary Worek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Informatyki Elektroniki i Telekomunikacji, Katedra Elektroniki

e-mail: worek@agh.edu.pl

+48 12 6173637 +48 601 912 938

Międzynarodowe zgłoszenie patentowe:
PCT/EP2012/055099

Pending Patents:

Poland: PL394316 (A1)
USA: US2014043127 (A1)
EPO: EP2689433 (A2)
Canada: CA2829807 (A1)
China: CN103635979 (A)