

Analiza i badania dwuczęstotliwościowych falowników rezonansowych do nagrzewania indukcyjnego

Streszczenie

W rozprawie opisano analizę i badania eksperymentalne nowych jednofalownikowych rozwiązań stosowanych do dwuczęstotliwościowego nagrzewania indukcyjnego. Układy te cechuje zdolność generowania prądu płynącego przez wzbudnik zawierającego jedną lub dwie harmoniczne podstawowe. Taka funkcjonalność stwarza możliwość kształtowania rozkładu pola temperatury przy powierzchni nagrzewanych elementów o nieregularnym kształcie, np. kół zębatych przed procesem hartowania.

Właściwa treść rozprawy rozpoczyna się od analizy modeli impedancji obwodu szeregowego RLC oraz szeregowo-równoległego $2F$, wyrażone w jednostkach względnych odniesionych dwuwariantowo: a) do zastępczej rezystancji obciążenia, b) do impedancji charakterystycznej. W ramach tego samego rozdziału dokonano analizy możliwości sterowania mocy omawianych układów w dziedzinie częstotliwości. Analiza wykazała istotny problem rozwiązań z jednym transformatorem dopasującym. Dla takiego przypadku występuje brak możliwości dopasowania minimów impedancji obciążenia dla każdej ze składowych. W przypadku proponowanych topologii $2T1C$ oraz $3T$ gdzie stosuje się dwa transformatory problem nie występuje.

W dalszej części analizie poddano grafy rozptyłu prądu w układach $2T1C$ oraz $3T$ z uwzględnieniem prądu cyrkulującego (upływu) nie biorącego udziału w przekazywaniu mocy czynnej do obciążenia. Opracowano zastępczy model obwodowy i na jego podstawie sformułowano zależność na wartość prądu upływu. Następnie przedstawiono sposób pracy szeregowego falownika rezonansowego (mostek H) z opisem występujących komutacji zależnie od warunków pracy. Model ten jest referencyjny dla warunków przełączania w falowniku o topologii $2T1C$ oraz $3T$. Kolejny fragment pracy obejmuje wyznaczanie strat mocy występujących w półmostku tranzystorowym w modelu referencyjnym jw .

Na potrzeby weryfikacji eksperymentalnej skonstruowano stanowisko badawcze złożone z konfigurowalnych części. Falownik stanowiły moduły półmostków tranzystorowych, łączone zależnie od testowanej topologii. Natomiast szeregowo-równoległy układ obciążenia $2F$ konfigurowano/modyfikowano głównie w zakresie przekładni i liczby rdzeni transformatorów dopasujących. Rozpatrywane układy poddano testom pracy mono oraz poliharmonicznej. Wyznaczono charakterystyki sterowania mocy w funkcji częstotliwości przełączania oraz odpowiadające im charakterystyki sprawności energetycznej falownika. Wykazano możliwość wysokosprawnej pracy ($\eta > 97\%$) zaproponowanych układów $2T1C$ oraz $3T$ podczas pracy z mocą znamionową oraz zdolność sterowania mocy poszczególnych składowych w zakresie 30-100% mocy znamionowej.