

**Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki**

**Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej**

**Katedra Inżynierii Elektrycznej**

**mgr inż. Michał Sierżęga**

**WYZNACZANIE ROZKŁADU POLA MAGNETYCZNEGO W  
BLACHACH TRANSFORMATOROWYCH Z  
UWZGLĘDNIENIEM HISTEREZY MAGNETYCZNEJ**

**Promotor:**

**dr hab. inż. Witold Mazgaj, prof. PK**

**Promotor pomocniczy:**

**dr inż. Zbigniew Szular**

**Streszczenie**

Wyznaczanie strat mocy w transformatorach jest zagadnieniem ciągle aktualnym, zwłaszcza w odniesieniu do transformatorów średniej i dużej mocy. Wyznaczanie strat histerezowych w kolumnach i jarzmie transformatora nie jest zagadnieniem skomplikowanym. Jednak problem pojawia się przy określaniu tych strat w narożach rdzenia transformatora oraz w obszarach połączeń kolumny środkowej z jarzmem transformatora trójfazowego. Zasadnicza trudność przy wyznaczaniu strat histerezowych w tych przypadkach wynika z faktu, że wektory natężenia pola magnetycznego i indukcji magnetycznej nie są współliniowe, a charakterystyki magnesowania dla kierunku walcowania i kierunku do niego poprzecznego znacznie różnią się między sobą. Głównym celem pracy jest przedstawienie propozycji modelowania procesu magnesowania blach transformatorowych o strukturze krystalicznej w dowolnym kierunku na jej płaszczyźnie. W drugim rozdziale rozprawy przedstawiono krótką charakterystykę typowych blach transformatorowych stosowanych w transformatorach średniej i dużej mocy, ich strukturę krystalograficzną a także właściwości magnetyczne wybranych blach elektrotechnicznych, ze szczególnym uwzględnieniem blach transformatorowych. W kolejnym rozdziale przedstawiono sposób modelowania pętli histerezy magnetycznej blach

elektrotechnicznych z wykorzystaniem funkcji eksponencjalnej. Porównano pętle histerezy obliczone za pomocą zaproponowanego sposobu modelowania z pętlami histerezy wyznaczonymi pomiarowo wybranej blachy transformatorowej. W rozdziale czwartym przedstawiono sposób modelowania procesu magnesowania blach transformatorowych dla dowolnego kierunku zmian natężenia pola magnetycznego na płaszczyźnie blachy. Uwzględniono przy tym zjawisko nasycenia blachy transformatorowej. Weryfikacji zaproponowanych sposobów modelowania dokonano przez porównanie wyznaczonych numerycznie pętli histerezy z pętlami zmierzonymi dla kilku wybranych kierunków magnesowania. Piąty rozdział poświęcony jest zagadnieniu wprowadzenia modelu magnesowania blach transformatorowych do równań rozkładu pola magnetycznego. Wykorzystano równania sformułowane w metodzie podobnej do metody sieci reluktancyjnych. Obliczenia rozkładu pola magnetycznego dokonano z wykorzystaniem jednego, wypadkowego układu nieliniowych równań algebraicznych, w którym wielkością szukaną jest wektor składowych natężeń pola magnetycznego w elementarnych segmentach. W celu weryfikacji poprawności zaproponowanej metody wyznaczania zmian indukcji w blachach transformatorowych porównano wyniki obliczeń numerycznych z wynikami pomiarów indukcji magnetycznej wykonanych z wykorzystaniem laboratoryjnego pakietu blach transformatorowych. W szóstym, przedostatnim rozdziale przedstawiono wyniki przykładowych obliczeń numerycznych zmian indukcji magnetycznej w próbce blachy transformatorowej, jaka była wykorzystana do pomiarów weryfikacyjnych. Obliczenia zostały wykonane dla kilku zadanych prądów wymuszających zmiany pola magnetycznego. Ostatni, siódmy rozdział zawiera wnioski wynikające z badań dotyczących modelowania procesów magnesowania w blachach transformatorowych. W tym rozdziale zaproponowano również zagadnienia dalszych prac badawczych dotyczących przede wszystkim analizy zmian indukcji magnetycznej w narożach i obszarach T rdzeni transformatorów trójfazowych.

**Słowa kluczowe:** równania rozkładu pola magnetycznego, tekstura Gossa, histereza magnetyczna, proces magnesowania, blachy transformatorowe