

Piotr SZYMCZAK¹
Tomasz PIENKOWSKI¹
Krzysztof PAWŁOWSKI¹
Sebastian WISZNIEWSKI¹

PORÓWNANIE METOD OBLICZEŃ SILNIKÓW INDUKCYJNYCH LINIOWYCH

W pracy dokonano analizy porównawczej różnych metod obliczeń silników indukcyjnych liniowych. Występują w nich osobliwe zjawiska, wśród których najbardziej niekorzystny wpływ na charakterystyki ma podłużny efekt końcowy. W literaturze przedstawia się różne modele SIL z uwagi m. in. na różne stopnie przyjmowanych uproszczeń i stosowane procedury obliczeniowe, związane z przyjętymi modelami matematycznymi. W referacie zaprezentowano różniące się rezultaty obliczeń charakterystyk SIL(F_e , $\cos\phi$, S i η) typu SL-5-270 otrzymane na podstawie 11 wybranych metodyk. W zakończeniu pracy sformułowano wnioski.

1 WPROWADZENIE

Do ważniejszych zalet silników liniowych zalicza się: brak przekładni mechanicznych, duże wartości przyspieszeń i prędkości, prostotę łączenia kilku silników w jeden zespół o odpowiednio zwiększonej mocy, tzw. połączenia modułowe. Dzięki tym zaletom silniki są stosowane w transporcie, automatyce i robotyce, w napędach przesuwu bram, klap, zasuw i mostów holowniczych na basenach doświadczalnych, w urządzeniach gospodarstwa domowego, medycynie, oceanotechnice i innych dziedzinach. W ostatnich latach występuje duże zainteresowanie zastosowaniem SIL do napędu wind pasażerskich, w których nie ma liny nośnej (wysokie budynki), i dzwonów kościelnych.

Właściwy dobór SIL do systemu napędowego wymaga wszechstronnej znajomości zachowania się silnika w różnych warunkach pracy. Ważna jest zarówno praca w stanie ustalonym elektromagnetycznie i elektromechanicznie, jak i praca w stanach nieustalonych. W związku z tym projektant napędu powinien znać następujące dane wyjściowe: przebieg elektromagnetycznej siły ciągu F_e , sprawność η , $\cos\phi$, pobieraną

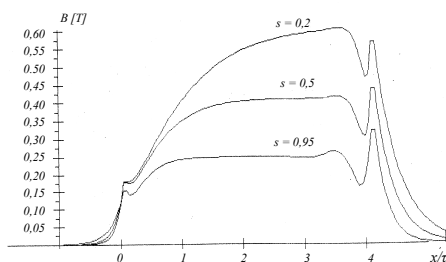
¹ Zakład Maszyn i Napędów Elektrycznych Politechniki Szczecińskiej, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, tel.: (+4891) 449 4212, fax (+4891) 449 4317, e-mail: ie@ps.pl, tpienkowski@o2.pl, wisz@ps.pl, pawlowski.k@op.pl

moc pozorną S , czynną P i bierną Q . Celem pracy jest analiza porównawcza różnych metodyk obliczeń SIL i sformułowanie wniosków w zakresie wyboru procedur.

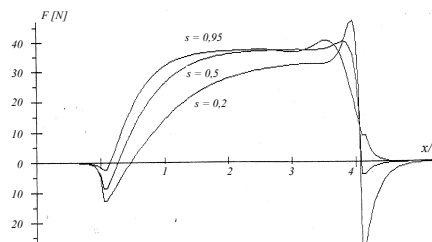
2 KLASYFIKACJA MODELI MATEMATYCZNYCH I WPŁYW PODŁUŻNYCH ZJAWISK KOŃCOWYCH

W literaturze spotykamy wiele modeli SIL, co wyjaśnić można różnym stopniem przyjmowanych uproszczeń i stosowaniem określonych procedur obliczeniowych. Wśród różnorodnych modeli stosowanych do obliczeń wyróżnić można trzy ich typy uwzględniające najbardziej niekorzystny podłużny efekt końcowy (rys. 1, rys. 2):

1. Model klasyczny w ujęciu obwodowym na podstawie schematu zastępczego typu T, z wykorzystaniem tzw. współczynnika k_e , zaproponowanego przez J. F. Gierasa [1];
2. Model oparty na detalizowanych magnetycznych i elektrycznych schematach zastępczych (DMSZ), sprowadzające zadanie do obliczeń obwodu integralnie związanego z odcinkami konstrukcji o parametrach wyrażonych reluktancjami $R_{\mu i}$ i przepływami F_i w detalizowanym obszarze [2,3];
3. Dwu- i trójwymiarowe modele polowe mało pomocne przy projektowaniu napędów.



Rys. 1. Rozkład pola magnetycznego $B=f(x/\tau)$ w szczelinie powietrznej silnika typu SL-5-270 CzW z aluminium o grubości $d = 2\text{mm}$



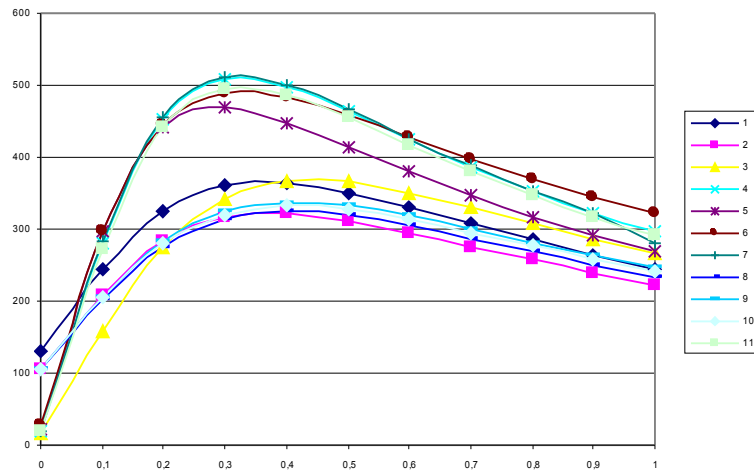
Rys. 2. Rozkład jednostkowej siły ciągu $F=f(x/\tau)$ silnika typu SL-5-270 dla różnych „s”

3 REZULTATY BADAŃ

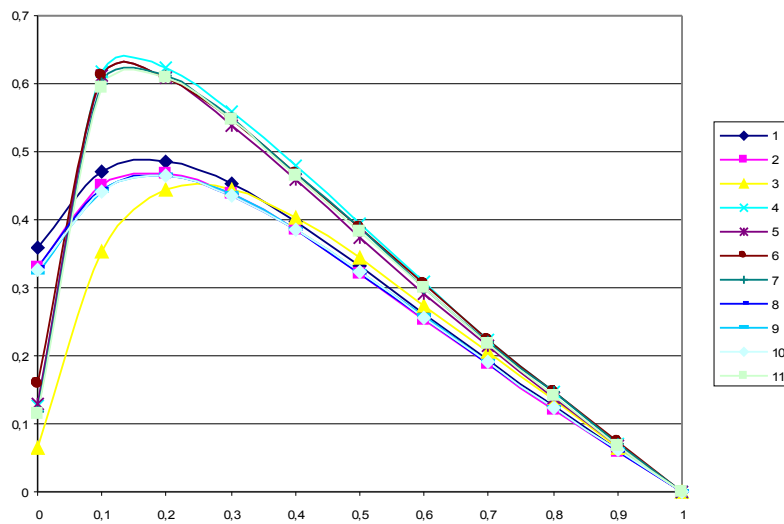
Rezultaty badań pokazano w oparciu o wybrane metodyki (oznaczone odpowiednimi cyframi na rys. 3, rys. 4):

1. DMSZ, warstwy równomierne, pakietowany rdzeń CzW;
2. DMSZ, warstwy nierównomierne, lity rdzeń stalowy CzW;
3. Pole jednowymiarowe z falą przemieszczającą się w SIL;
4. Pole jednowymiarowe z falą przemieszczającą się jak w silniku indukcyjnym obrotowym – idealny analog SIL, bez podłużnych efektów końcowych;
5. Metoda E-H czwórnika, zastosowanie metodyki struktur wielowarstwowych;
6. Schemat typu T, obliczenia uściślone;
7. Schemat typu T, idealny wariant SIL;
8. DMSZ, dwie warstwy z uwzględnieniem dwuwymiarowości pola w szczelinie;
9. DMSZ, dwie warstwy bez uwzględnienia dwuwymiarowości pola w szczelinie;

10. DMSZ, warstwy nierównomierne, lity rdzeń stalowy CzW, bez uwzględnienia prądów wirowych;
11. Metoda E-H czwórnika, zastosowanie metodyki struktur wielowarstwowych, bez uwzględnienia prądów wirowych CzW.



Rys. 3 Charakterystyki siły ciągu SIL $F_e = f(s)$ uzyskane w oparciu o wybrane metodyki.



Rys. 4 Charakterystyki sprawności SIL $\eta = f(s)$ dla różnych metodyk.

4 WNIOSKI

1. Widać wyraźnie, że metodyka 4, która przedstawia silnik obrotowy i stanowi zarazem idealny analog SIL i metodyka 7. obrazująca idealny wariant SIL – nie uwzględniają podłużnych efektów końcowych. Blisko przebiegają charakterystyki otrzymane wg metodyki 6. i 11, natomiast metodyka 5 pozwala już w małym stopniu ocenić te efekty.
2. Porównanie 11 charakterystyk wyraźnie pokazuje znaczący wpływ podłużnych efektów końcowych na siłę ciągu F_e , np. dla $s = 0,3$ siłą ta różni się o $\Delta F = 510 - 316 = 194$ [N]. Silniki typu SL-5-270 powinny posiadać roboczy zakres poślizgu w granicach $s = 0,1 \div 0,4$.
3. Przeprowadzona analiza dobitnie pokazuje, że w każdym oddzielnym przypadku w zależności od postawionego zadania należy bardzo starannie przyjmować uproszczenia i dokonywać wyboru odpowiedniej metodyki.

5 LITERATURA

1. Gieras J., Silniki indukcyjne liniowe, WNT, Warszawa 1990.
2. Ivanuszkina V.A., Sarapulov F.N., Szymczak P., Strukturnoje modelirovanie elektromechaniceskich systemov i ich elementov, Szczecin 2000.
3. Szymczak P., Modeling and Transient Analysis of the Linear Induction Motors by Detailed Structural Schemes, Przegląd Elektrotechniczny, Nr 11, 2007, pp. 128-130

COMPARING METHODS OF CALCULATIONS FOR LINEAR INDUCTION MOTORS

In the paper the authors have performed a comparative analysis of different methods of calculations for linear induction motors. It has been found that the longitudinal end effect exerts the most adverse influence on the motor characteristics. In literature various LIM models are used differing in the degree of simplification and applied computational procedures based on adopted mathematical models. In the paper differing results for calculated characteristics (F_e , $\cos\phi$, S and η) for the SL-5-270 LIM type obtained by means of selected 11 methods are presented. The paper is rounded off by conclusions.