

Wojciech PIETROWSKI*

WIZUALIZACJA MODELU MASZYNY MAGNETOELEKTRYCZNEJ W PROGRAMOWANIU OBIEKTOWYM

W artykule przedstawiono komputerową wizualizację modelu maszyny magnetoelektrycznej z wykorzystaniem techniki programowania obiektowego. Opisano opracowany diagram klas modelu obiektowego maszyny elektrycznej. Wykorzystując opracowany model obiektowy zrealizowano proces dyskretyzacji trójwymiarowego modelu silnika magnetoelektrycznego z uwzględnieniem połączeń czołowych. Pokazano komputerową wizualizację modelu maszyny magnetoelektrycznej.

1. WSTĘP

Celem projektu, realizowanego przez konsorcjum w skład którego wchodzi m.in. Politechnika Poznańska, jest opracowanie nowoczesnych układów napędowych z silnikami elektrycznymi nowej generacji o możliwie jak największej sprawności. Realizacja projektu podzielona jest na dwanaście zadań. W ramach zadania siódmego opracowywane jest nowe środowisko programistyczno-obliczeniowe z oprogramowaniem własnym i profesjonalnym do polowej analizy sprzężonych zjawisk elektromagnetycznych, cieplnych i mechanicznych. Przy opracowywaniu środowiska programistyczno-obliczeniowego zostaną wykorzystane wyniki badań przeprowadzonych w zadaniu ósmym, m.in.: metody i algorytmy odwzorowania w przestrzeni elementów skończonych węzłowych i krawędziowych struktur z magnesami niejednorodnie namagnesowanymi o strukturze hybrydowej, szybkobieżne polowe algorytmy i procedury do analizy zjawisk cieplnych w silnikach energooszczędnych, algorytmy do wyznaczania rozptywu prądów indukowanych i obliczania sił i momentów w trójwymiarowych układach z wielospójnymi obszarami przewodzącymi [1].

W środowisku programistyczno-obliczeniowym zostanie wykorzystane najnowsze wielostopniowe ujęcie metody elementów skończonych. W ujęciu tym stosowane są funkcje interpolacyjne elementu krawędziowego i ściankowego [2].

* Politechnika Poznańska.

Ze względu na konieczność przystosowania środowiska programistyczno-obliczeniowego do obliczeń projektowo- optymalizacyjnych oraz łatwego budowania modeli symulacyjnych silników o różnych strukturach do jego opracowania zaproponowano ujęcie obiektowe. Zakłada się, że w procedurach optymalizacyjnych każdy z „obiektów” będzie miał inne wartości danych składowych. Natomiast metody składowe obiektów operujące na różnych zestawach danych składowych będą wspólne [3].

Oprogramowanie zostanie napisane języku Object Pascal w środowisku programistycznym Delphi oraz w języku C++ i wdrożone do obliczeń pod kontrolą systemu operacyjnego Windows.

Dla potrzeb realizacji postawionego zadania wyszczególniono następujące podetapy:

- 1 Opracowanie diagramu klas modelu obiektowego silnika prądu przemiennego.
- 2 Opracowanie danych oraz metod składowych dla klas odzwierciedlających konstrukcję silnika magnetoelektrycznego.

Dane składowe klas będą zawierały następujące informacje:

- informacje o geometrii obiektu,
- charakterystyki i parametry materiałowe.

W pierwszej kolejności opracowano algorytmy dyskretyzacji przestrzeni oraz wykreślenia węzłów, siatki oraz elementów dyskretyzujących.

2. DIAGRAM KLAS MODELU OBIEKTOWEGO MASZINY ELEKTRYCZNEJ

Na potrzebę projektowania systemu obliczeniowego wyróżniono następujące elementy składowe maszyny elektrycznej:

- stojan,
- wirnik,
- szczelina powietrzna.

Ponieważ program komputerowy będzie napisany z wykorzystaniem techniki programowania obiektowego, to dla każdego z wyżej wymienionych elementów zaprojektowano klasę. Zgodnie z wyróżnionymi elementami składowymi silnika utworzono następujące klasy:

- TStojany,
- TWirniki,
- TZłobki,
- TSzczelinyPowietrzne.

Danymi składowymi w klasie są przede wszystkim informacje o geometrii elementu konstrukcyjnego maszyny. Natomiast opracowane metody mają realizować dyskretyzację oraz rysowanie struktury na ekranie monitora.



Rys. 1. Diagram struktury klas modelu maszyny elektrycznej

Opracowany model obiektowy maszyny przedstawiono w postaci diagramu na Rys. 1. Opisuje on zależności pomiędzy klasami w systemie. Na rysunku klasy przedstawiono w postaci prostokątów podzielonych na trzy części. W pierwszej części znajduje się nazwa klasy, w drugiej dane składowe klasy, natomiast w trzeciej metody składowe. Zależności między klasami przedstawiono za pomocą linii łączących prostokąty.

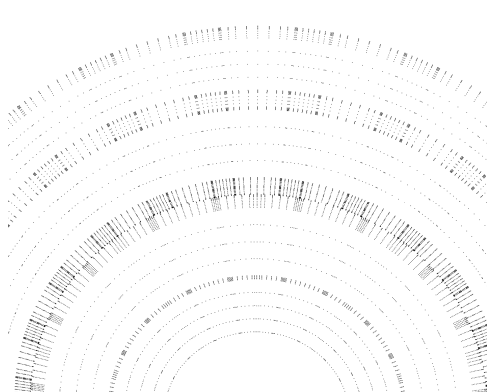
W diagramie można wyróżnić następujące klasy: TStojany, TWirniki. W ogólności zarówno stojan jak wirnik mogą mieć żłobki na uzwojenie, dlatego klasy TStojany i TWirniki uzupełniono o obiekty klasy TZłobki. Kolejną zaprojektowaną klasą jest klasa TSzczelinyPowietrzne. Klasą nadrzędną dla klas TStojany, TWirniki i TSzczelinyPowietrzne jest klasa TMaszynyElektryczne.

3. ZASTOSOWANIE MODELU OBIEKTOWEGO W PROCESIE DYSKRETYZACJI

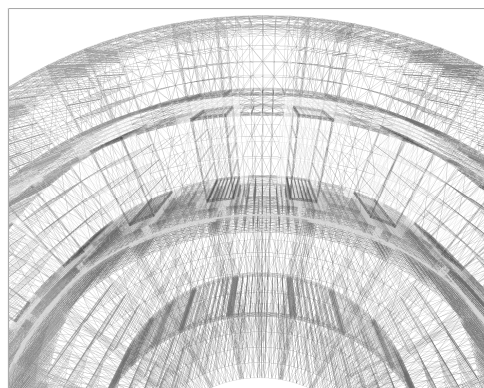
Głównym zastosowaniem opracowanego modelu obiektowego jest opracowanie komputerowego systemu obliczeniowego. W obliczeniach zastosowana zostanie metoda elementów skończonych. Pierwszym krokiem w MES jest dyskretyzacja przestrzeni.

Opracowane oprogramowanie w zakresie dyskretyzacji realizuje następujące zadania:

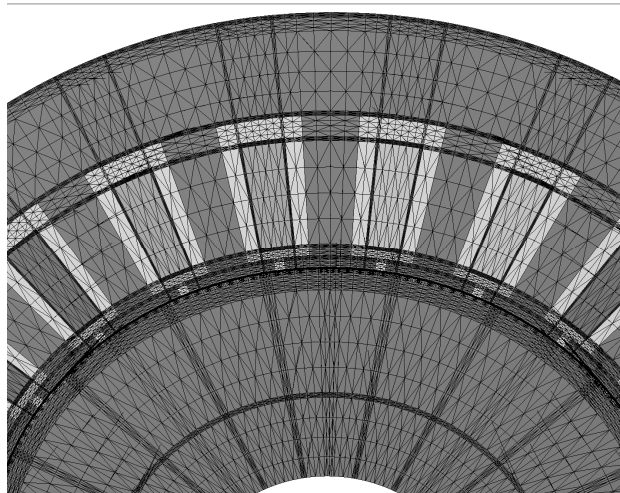
- wyznaczenie współrzędnych węzłów siatki dyskretyzującej (Rys. 2),
- wyznaczenie elementów siatki dyskretyzującej (Rys. 3),
- przypisanie środowisk elementom dyskretyzującym (Rys. 4).



Rys. 2. Węzły siatki dyskretyzującej w obszarze stojana, szczeliny powietrznej oraz wirnika



Rys. 3. Siatka dyskretyzująca w obszarze stojana, szczeliny powietrznej oraz wirnika



Rys. 4. Elementy dyskretyzujące w obszarze stojana, szczeliny powietrznej oraz wirnika

Zakłada się, że program będzie realizował obliczenia optymalizacyjne, tj. poszukiwane będą konstrukcje optymalne dla zadanych warunków. Dlatego w programie przewidziano zmianę następujących parametrów:

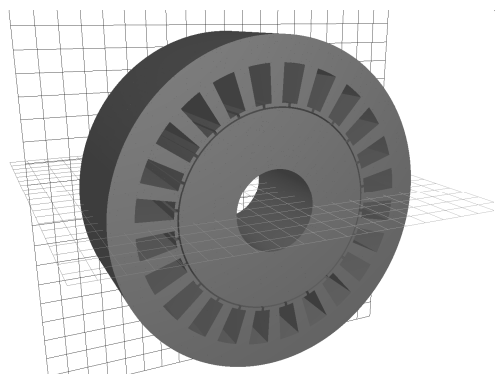
- Wymiary geometryczne stojana i wirnika, a w konsekwencji szczeliny powietrznej.
- Parametry dyskretyzacji tj. liczba węzłów siatki na płaszczyźnie $z=\text{const}$, oraz liczba warstw wzdłuż osi OZ.
- Liczba zwojów uzwojenia stojana, liczba magnesów w wirniku oraz liczba prętów klatki wirnika.
- Charakterystyki materiałowe obwodu elektrycznego i magnetycznego.

3.1. Wizualizacja elementów konstrukcyjnych

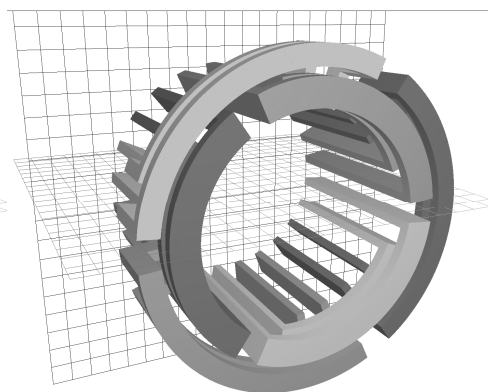
W procesie dyskretyzacji przestrzeni utworzone zostają informacje o współrzędnych węzłów oraz środowiskach przypisanych do elementów dyskretyzujących. Na podstawie tych informacji możliwe jest narysowanie elementów dla wybranych środowisk. W tabeli 1 przedstawiono środowiska zastosowane w modelowaniu silnika magnetoelektrycznego oraz numery rysunków, na których znajdują się ich wizualizacje. Na Rys. 11 przedstawiono wizualizację modelu silnika, w której pominięto powietrze. Natomiast na Rys. 12 pokazano wizualizację poszczególnych faz uzwojenia stojana z uwzględnieniem połączeń czołowych. W procedurach wizualizacji zastosowano bibliotekę graficzną OpenGL [4].

Tabela 1. Rodzaje środowisk w modelu silnika magnetoelektrycznego

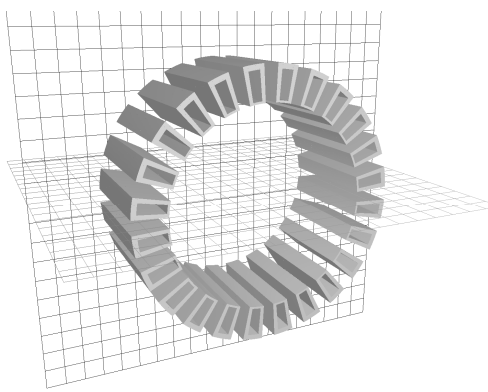
Rodzaj środowiska	Element konstrukcyjny	Rysunek
Ferromagnetyk	Jarzmo stojana Jarzmo wirnika	3.4
Przewodzące	Uzwojenie stojana	3.5
Izolator	Izolacja żłobkowa stojana	3.6
Powietrze		3.7
Magnes trwały	Magnes trwały	3.8
Izolator - lakier	Izolacja przewodu	3.9



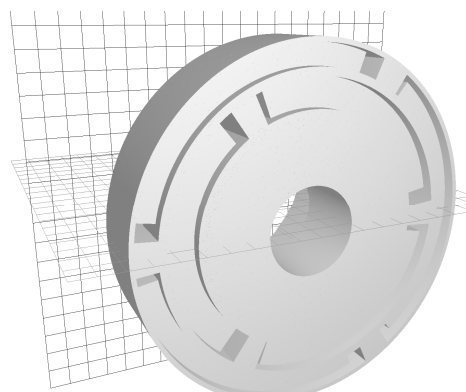
Rys. 5. Wizualizacja jarzma stojana oraz jarzma wirnika



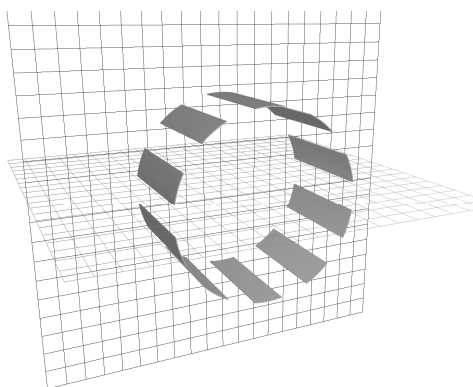
Rys. 6. Wizualizacja uzwojenia stojana



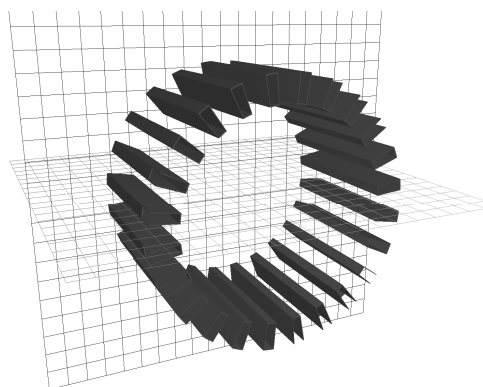
Rys. 7. Wizualizacja izolacji żłobkowej



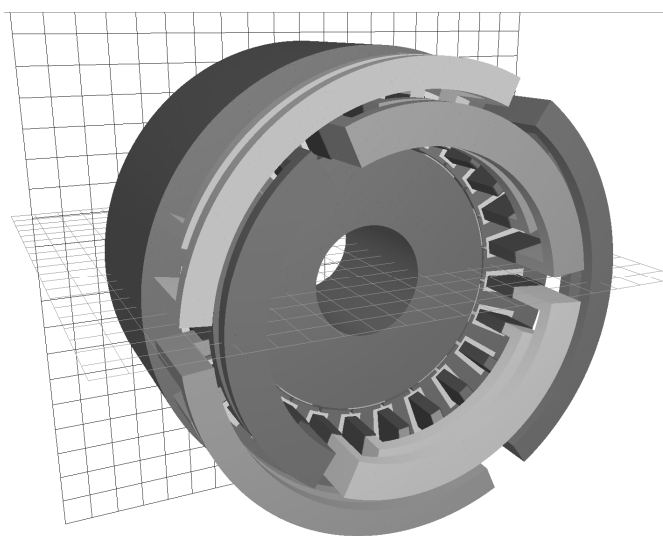
Rys. 8. Wizualizacja powietrza



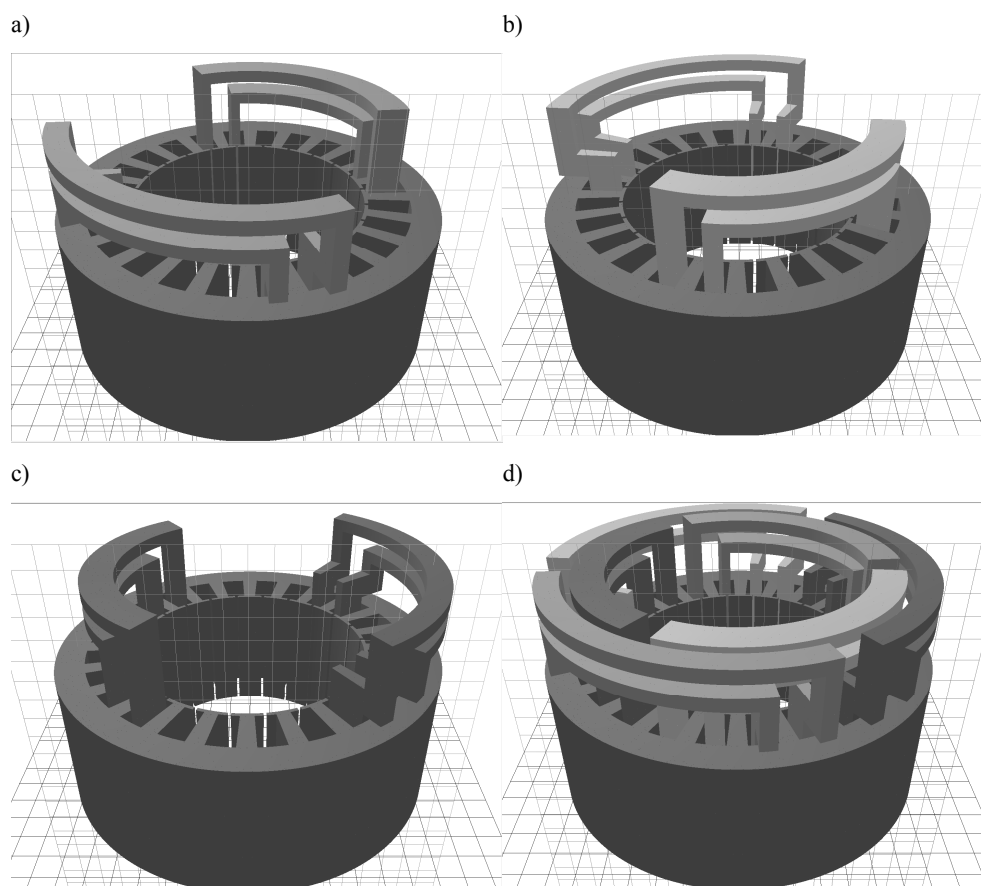
Rys.9. Wizualizacja magnesów trwałych



Rys. 10. Wizualizacja izolacji uzwojenia



Rys. 11. Wizualizacja modelu silnika magnetoektrycznego



Rys. 12. Wizualizacja uzwojenia stojana: a) faza A, b) faza B, c) faza C

LITERATURA

- [1] Strona internetowa projektu www.ngn.put.poznan.pl
- [2] Demenko A., Obwodowe modele układów z polem elektromagnetycznym, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
- [3] Grebosz J.: Symfonia C++, Oficyna Kallimach, 1999.
- [4] Pietrowski W., Szelaż W., Demenko A., Zastosowanie biblioteki graficznej OpenGL do wizualizacji siatek dyskretyzujących w układach 3D, Materiały V Konferencji Naukowo-Technicznej Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice, Poznań-Kiekrz, 10-12.04.2000, s. 435-438.

VISUALIZATION OF MODEL OF PERMANENT MAGNET MACHINE IN OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING

In the paper the computer visualization of model of permanent magnet machine using object-oriented programming is presented. The elaborated diagram class of model of electrical machine is described. The discretization process of three dimensional model of permanent magnet machine with end-turns has been realized using elaborated diagram. The visualization of the model has been presented using computer graphics.

Prace badawcze, których wyniki przedstawiono w niniejszym artykule, były współfinansowane przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka w projekcie pt. „Nowa generacja energooszczędnych napędów elektrycznych do pomp i wentylatorów dla górnictwa”.

Results presented in this work concerns the research co-financed by the European Union through the European Regional Development Fund under the Operational Program Innovative Economy in the project No. POIG.01.01.02-00-113/09 – “New generation of electric drives for the mine pumps and fans”.