

Krystyna MACEK-KAMIŃSKA, Marcin KAMIŃSKI

POLITECHNIKA OPOLSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI, AUTOMATYKI I INFORMATYKI,
INSTYTUT UKŁADÓW ELEKTROMECHANICZNYCH I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ

Zastosowanie techniki programowania obiektowego w modelowaniu i identyfikacji maszyn elektrycznych

Dr hab. inż. Krystyna MACEK-KAMIŃSKA

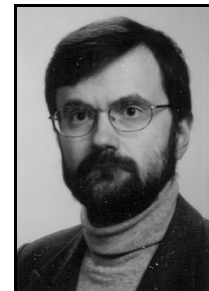
Stopień naukowy dr hab. uzyskała w 1994r. w AGH. Główne zainteresowania koncentrują się na modelowaniu i identyfikacji układów elektromechanicznych



e-mail: kmk@po.opole.pl

Dr inż. Marcin KAMIŃSKI

Stopień naukowy doktora uzyskał w 2003r. Główne badania prowadzi w zakresie zastosowania nowych metod programowania w modelowaniu układów elektromechanicznych



e-mail: mkam@po.opole.pl

Streszczenie

W pracy przedstawiono nowe, bazujące na obiektowo zorientowanym paradygmacie programowania, podejście do modelowania i identyfikacji parametrów maszyn elektrycznych. Będąc świadkami intensywnego rozwoju techniki komputerowej możemy nie tylko przeprowadzać obliczenia znacznie szybciej ale stosując narzędzia programistyczne wykorzystujące technikę programowania obiektowego uzyskuje się możliwość nowego podejścia do konstrukcji procesu obliczeniowego.

Słowa kluczowe: modelowanie, identyfikacja parametrów, maszyny elektryczne, programowanie obiektowe.

Application of object oriented programming in modeling and identification of electrical machines

Abstract

In the paper the approach, based on the object-oriented paradigm, for modeling and identification of the parameters of the electrical machines system will be presented. Nowadays we witness the progress of both the hardware and the software – the computers are able to provide calculations many times faster. After the introducing the object-oriented style of programming and after the arising of the commercial programming tools which can realize such style - there is the possibility to perform the new approach to the problems.

Keywords: modeling, identification of parameters, electrical machines, object oriented.

1. Wstęp

W badaniach symulacyjnych stanów dynamicznych układów elektromechanicznych z maszynami indukcyjnymi, można przyjąć pewną systematykę działania sprowadzającą się do formułowania modeli matematycznych maszyn indukcyjnych i całego układu elektromechanicznego i następnie identyfikacji ich parametrów [1, 2].

Analiza zjawisk statycznych i dynamicznych zachodzących podczas pracy silnika jest niezbędna, zarówno w trakcie konstruowania silnika, jak i na etapie projektowania układów napędowych, oraz podczas ich eksploatacji. Badania symulacyjne mogą mieć szczególną wartość przy sprawdzeniu poprawności doboru pod względem dynamicznym pojedynczych silników oraz napędów grupowych [3].

Procedury realizujące obliczenia numeryczne powyższych zagadnień były początkowo realizowane w języku FORTRAN na komputery osobiste pracujące w systemie operacyjnym DOS. Pod koniec lat 90. XX wieku rozwój techniki komputerowej sprawił, że tworzenie programów w ten sposób stało się dalece nieefektywne.

Jedną z przesłanek skłaniającą do rewizji sposobu programowania jest obserwowany w ostatnich latach postęp w szeroko rozumianej informatyce, który przejawia się z jednej strony wzrostem mocy obliczeniowej komputerów, jak i związanym z tym stały rozwój systemów operacyjnych i środowisk programistycznych.

Programowanie obiektowe to taki rodzaj programowania, w którym dane i wykonywane na nich operacje są połączone. Struktura oprogramowania obiektowego stara się przybliżać świat rzeczywisty w znacznie większym stopniu, niż oprogramowanie tradycyjne. W programowaniu obiektowym nacisk jest położony na tworzenie elementów ogólnego przeznaczenia, w związku z tym takie elementy łatwo jest zastosować w następnych programach. Kolejną cechą obiektowego podejścia do programowania jest to, że programista nie musi skupiać się na sposobie odzwierciedlenia rzeczywistych problemów w ramach dostępnych w tradycyjnych językach programowania struktur danych, ale może tworzyć nowe ich rodzaje, które pozwalają w dużo bardziej wygodny sposób przybliżać badaną rzeczywistość. Obiekt w technice programowania obiektowego jest zamkniętą całością, zawierającą zestaw określonych danych (pól) oraz zbiór procedur (metod), przeznaczonych do operowania tymi danymi.

2. Modelowanie

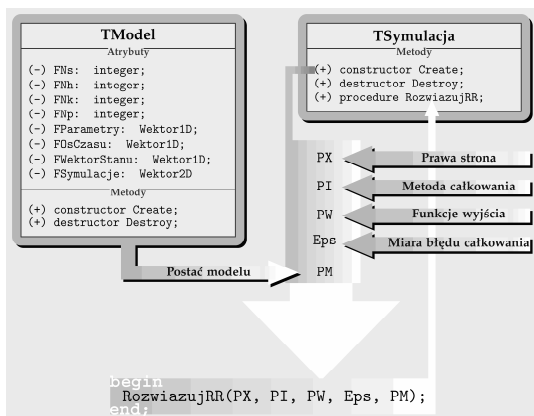
Proponowany sposób tworzenia oprogramowania przeznaczonego do celów symulacyjnych polega na tym, że w projekcie aplikacji uwzględnia się dwie klasy [4]:

- klasę **TModel** – ujmującą wszystkie „statyczne” aspekty zadania (np. wymiary wektora stanu, parametry modelu, liczba definiowanych funkcji wyjścia, etc..)
- klasę **TSymulacja** – opisującą „dynamiczną” stronę zagadnienia. Konstruktor tej klasy na podstawie następujących procedur napisanych przez użytkownika:
 - **ProcPrawaStrona** – realizującej podstawienie $\frac{dX}{dt} = F(X,t)$,
 - **ProcCalkowania** – realizującej algorytm (metodę) całkowania układu równań różniczkowych,
 - **ProcFunWyj** – wyznaczającej wartości funkcji wyjścia.

buduje konkretny egzemplarz klasy **TSymulacja** wyposażony we wszystkie potrzebne elementy do obliczeń.

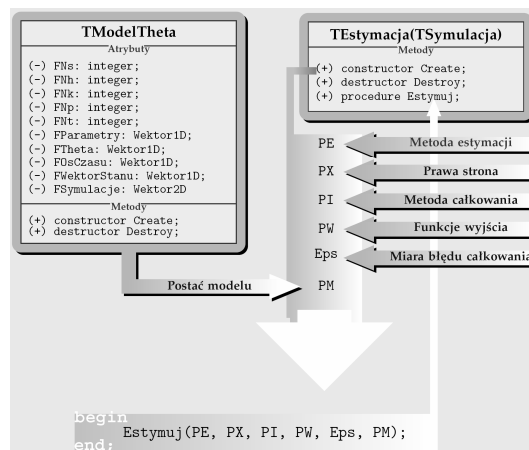
Rysunek 1 pokazuje schemat projektowanej klasy **TSymulacja** z zaznaczeniem tych atrybutów i metod, które mają kluczowy wpływ na sposób pracy aplikacji – procedurę **RozwiazujeRR**.

Rysunek 2 przedstawia przykładowe wyniki symulacji przebiegu wybranych funkcji wyjścia podczas rozruchu silnika SZJre-134t (1MW, 6000V).



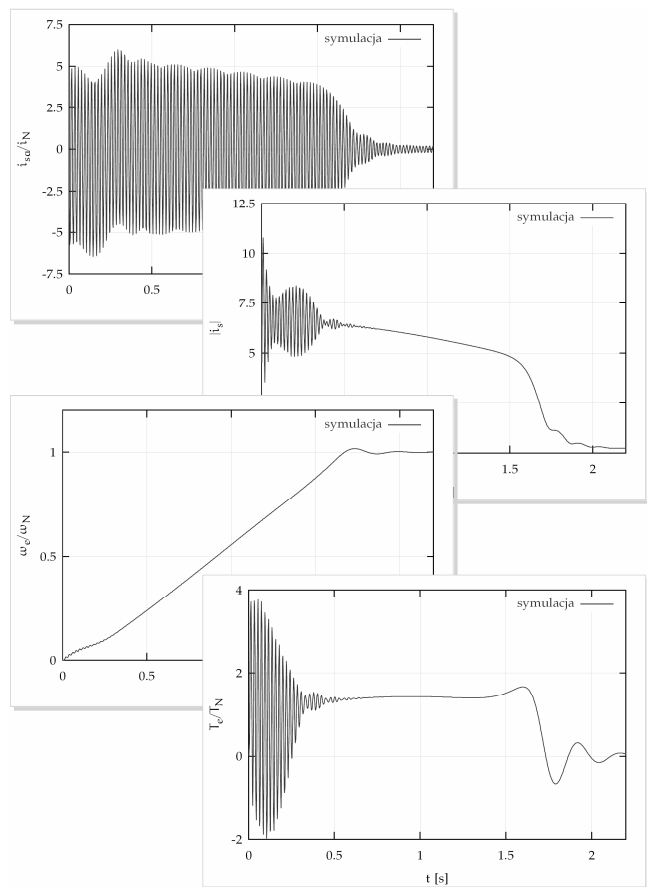
Rys. 1. Sposób doboru parametrów dla procedury **RozwiazujeRR** przez konstruktora klasy **TSymulacja**

Fig. 1. Method of selection of the parameters for the procedure **RozwiazujeRR** by the constructor of the class **TSymulacja**



Rys. 3. Sposób doboru parametrów dla procedury **Estymuj** przez konstruktora klasy **TEstymacja**

Fig. 3. Method of selection of the parameters for the procedure **Estymuj** by the constructor of the class **TEstymacja**



Rys. 2. Wyniki symulacji przebiegu funkcji wyjścia podczas rozruchu silnika SZJre-134t – kolejno: prąd w fazie *a*, moduł prądu stojana $|i_s|$, prędkość obrotowa, moment elektromagnetyczny

Fig. 2. Results of the simulation of output functions during the start-up of the SZJre-134t motor: current of phase *a*, absolute value of stator current $|i_s|$, angular velocity, electromagnetic torque

3. Identyfikacja parametrów

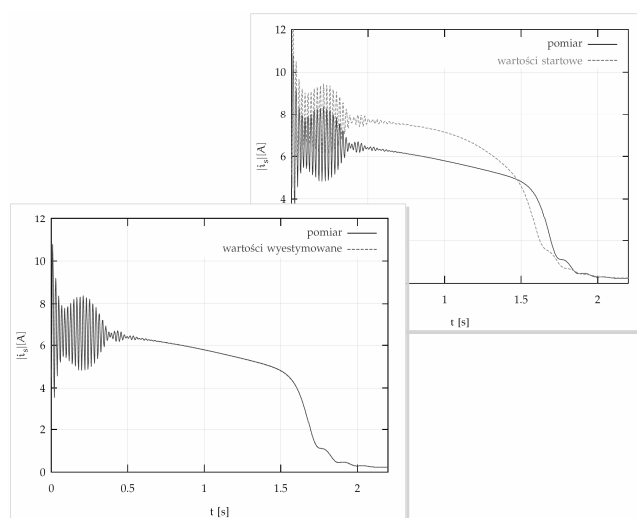
Niepodważalną zaletą obiektowego sposobu programowania jest możliwość wykorzystania raz zbudowanego kodu w kolejnych wersjach oprogramowania. Technika ta, nazywana *dziedziczeniem*, pozwala budować bardziej specjalizowane procedury i programy w oparciu o istniejące i sprawdzone wersje podstawowe. Przykładem takiego sposobu postępowania może być oparcie procedury identyfikującej parametry modelu (klasy **TEstymacja**) o klasę **TSymulacja**. Sytuację taką pokazuje rysunek 3.

Tabela 1. przedstawia wyniki identyfikacji parametrów modelu matematycznego silnika SZJre-134t na podstawie przebiegu modułu prądu stojana $|i_s|$. Rysunek 4. przedstawia wyniki odtworzenia przebiegu obserwowanego (prąd stojana $|i_s|$) na podstawie wartości parametrów uzyskanych w wyniku procesu identyfikacji

Tab. 1. Wyniki identyfikacji parametrów modelu matematycznego silnika SZJre-134t na podstawie przebiegu modułu prądu stojana $|i_s|$

Tab. 1. Results of the parameters identification of the mathematical model of SZJre-134t motor on the basis of the run of absolute value of stator current $|i_s|$

parametr [Ω]	R _{r1}	R _{r2}	X _{r1}	X _{r2}	X _s	ε [%]
wart. użyte w symulacji	3.114	0.272	3.019	4.61	3.132	
górną granicą	4.5	0.6	8.0	15.0	8.0	
wartości startowe	1.5	0.2	2.7	5.0	2.7	22.76
dolną granicą	0.45	0.06	0.8	1.5	0.8	
wyniki identyfikacji	3.004	0.272	2.9	4.593	3.186	0.106

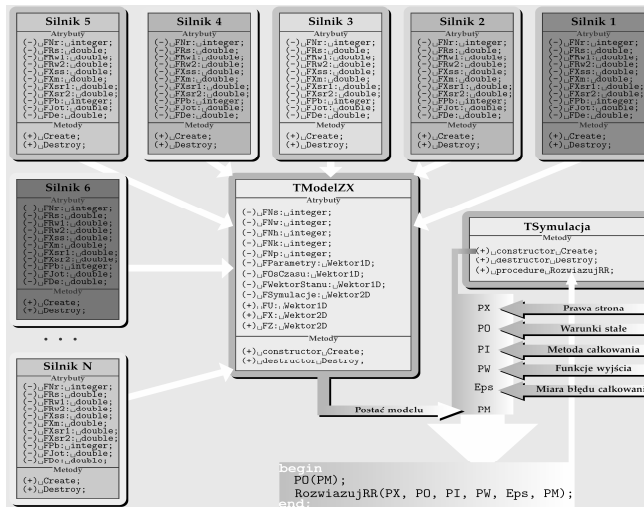


Rys. 4. Wyniki odtworzenia przebiegu obserwowanego: wykres na tle: przebieg obserwowany i wyznaczony na podstawie startowych wartości parametrów; wykres na pierwszym planie: przebieg obserwowany i wyznaczony na podstawie ostatecznych wartości parametrów uzyskanych w wyniku procesu identyfikacji

Fig. 4. Results of the reproduction of observed run: the background graph: the observed run and calculated one on the basis of initial values of parameters; foreground graph: the observed run and calculated one on the basis of final values of parameters obtained during the process of identification

4. Modelowanie napędów grupowych

W przypadku obliczeń rozruchów i wybiegów grupowych zastosowanie technologii obiektowej wydaje się jak najbardziej naturalne. Skoro bowiem każdy napęd biorący udział w symulacji rozruchu i wybiegu grupowego można traktować jako oddzielny obiekt z dobrze zdefiniowanymi atrybutami i metodami, to traktując takie obiekty jako elementy większej całości, można w elastyczny sposób skonstruować aplikację przeznaczoną do symulacji rozruchów i wybiegów grupowych.



Rys. 5. Sposób doboru parametrów dla procedury **Rozwiazuaj** w przypadku obliczeń symulacji napędów grupowych

Fig. 5. Method of selection of the parameters for the procedure **Rozwiazuaj** in the case of simulation of common-bus drivers

Rysunek 5 przedstawia propozycję organizacji obliczeń symulacyjnych napędów grupowych.

5. Zakończenie

Prawie dziesięcioletni okres budowy programów obliczeniowych opartych o obiektowy paradygmat programowania w pełni potwierdził zalety tego typu podejścia. Wykorzystując omówiony w artykule sposób budowy programów obliczeniowych udało się stworzyć szereg aplikacji służących do przeprowadzania wielu zadań związanych z modelowaniem i identyfikacją maszyn elektrycznych.

6. Literatura

- [1] J. Hickiewicz, K. Macek-Kamińska, M. Kamiński „Dynamiczne modele obliczeniowe maszyn indukcyjnych i ich identyfikacja”, Zeszyty Problemowe „Maszyny Elektryczne” nr 69/2004, s. 133-138.
- [2] K. Macek-Kamińska „Estymacja parametrów modeli matematycznych silników indukcyjnych dwuklatkowych i głębokożłobkowych”, WSI Opole, Studia i monografie, nr 61, 1992.
- [3] J. Hickiewicz, K. Macek-Kamińska, P. Wach „A simulation of common-bus drives in power plants”, Archiv für Elektrotechnik, 75, 1992, s. 293-302.
- [4] M. Kamiński „Programowanie obiektowe w badaniach własności dynamicznych wybranej klasy układów elektromechanicznych”, rozprawa doktorska, Politechnika Opolska, Opole, 2003.

Artykuł recenzowany

IMPREZY NAUKOWO-TECHNICZNE

KONGRESY ☆ KONFERENCJE ☆ SYMPOZJA ☆ TARGI ☆ WYSTAWY

NAUKA

16-17 października 2006 - Częstochowa, POLSKA
SPM 2006 - VIII Sympozjum Pomiarów Magnetycznych *
 Organizator: Politechnika Częstochowska, Wydział Elektryczny
 dr hab. inż. Roman Janiczek
 ul. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa
 tel. (034) 325 08 81, (034) 325 08 90, (034) 325 08 95
 e-mail: janiczek@el.pcz.czest.pl; http://www.spm.el.pcz.czest.pl

17-19 października 2006 - Rzeszów, POLSKA
MSM'06 - XIV Międzynarodowe Seminarium Metrologów *
 Organizator: Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Zakład Metrologii i Systemów Pomiarowych
 Prof. dr hab. inż. Adam Kowalczyk
 ul. W. Pola 2, 35-959 Rzeszów
 tel. (017) 865 14 38, (017) 865 12 31, fax (017) 865 15 75
 e-mail: zmisp@prz.edu.pl; http://www.prz.edu.pl/msm06

NAUKA

16-18 listopada 2006 - Ustroń-Jaszowiec, POLSKA
TTP 2006 - VII Krajowa Konferencja
TERMOGRAFIA I TERMOMETRIA W PODCZERWIENI *
 Organizator: Politechnika Łódzka, Instytut Elektroniki
 ul. Wólczańska 223, 90-924 Łódź
 tel. (042) 631 26 35, 631 26 56, 631 26 37, fax (042) 636 22 38
 e-mail: ttp@p.lodz.pl; http://thermo.p.lodz.pl

* pod patronatem PAK-u