

Stanisław SZABŁOWSKI

Dr inż., Państwowa Wyższa Szkoła Wschodnioeuropejska w Przemyślu, Instytut Nauk Technicznych, ul. Książąt Lubomirskich 6, 37-700 Przemyśl; st.szablowski@gmail.com

BADANIA SYMULACYJNE W NAUCZANIU ENERGEOELEKTRONIKI

SIMULATION STUDIES IN TEACHING POWER ELECTRONICS

Słowa kluczowe: energoelektronika, dydaktyka energoelektroniki, symulacja komputera.
Keywords: power electronics, teaching power electronics, computer simulation.

Streszczenie

W opracowaniu poruszono problematykę oprogramowania do badań symulacyjnych w energoelektronice. Przedstawiono przykłady jego zastosowania na zajęciach laboratoryjnych z napędów elektrycznych w Instytucie Nauk Technicznych Państwowej Wyższej Szkoły Wschodnioeuropejskiej w Przemyślu. Wskazano aspekty dydaktyczne projektowania i badania przekształtników energoelektronicznych z wykorzystaniem środowisk symulacyjnych oraz zasady prowadzenia ćwiczeń laboratoryjnych.

Summary

This paper deals with the problem of simulation studies software used in power electronics. It discusses exemplary uses of such software in electric drives lab classes in The East European State Higher School in Przemyśl (PWSW). The thesis touches upon didactic aspects of designing and researching power electronic converters using simulation environments, and explains rules for conducting lab classes.

Wprowadzenie

Energoelektronika zajmuje się teorią, projektowaniem, wytwarzaniem i zastosowaniem układów elektrycznych z przyrządami półprzewodnikowymi przeznaczonych do przekształcania energii elektrycznej (przekształtników), jak również do sterowania przepływem mocy doprowadzanej do odbiornika. Łączy wiedzę z mikroelektroniki, elektrotechniki i automatyki. Współcześnie obszar zastosowań energoelektroniki jest bardzo szeroki. Jest ona obecna również

w mechatronice. Okazuje się, że największym obszarem zastosowań energoelektroniki XXI wieku są gospodarstwa domowe – sprzęt AGD i RTV. Odbiorniki w nich stosowane – przeważnie silniki elektryczne – posiadają niewielkie moce, ale ich ilość jest bardzo duża¹.

Energoelektronika jest ważnym komponentem wiedzy technicznej inżynierów elektryków i mechatroników. W planie studiów o kierunku „mechatronika” realizowanych w Instytucie Nauk Technicznych w PWSW w Przemysłu, treści kształcenia z energoelektroniki są zamieszczone w przedmiocie „napędy elektryczne”. Program nauczania napędów elektrycznych obejmuje zagadnienia dotyczące silników elektrycznych współpracujących z przekształtnikami energoelektronicznymi, które stanowią podstawowe elementy wykonawcze w napędzie mechatronicznym.

Literatura przedmiotu podaje wiele przykładów opracowań w zakresie wykorzystania technik komputerowych w badaniu przekształtników energoelektronicznych. Do badań symulacyjnych układów energoelektronicznych wykorzystuje się powszechnie w nauce i dydaktyce szkoły wyższej specjalizowane narzędzia takie jak Caspoc², TCad³, i PSIM⁴. Duże zastosowanie mają również uniwersalny pakiet Matlab-Simulink z biblioteką SimPowerSystems⁵ oraz popularne narzędzie do akwizycji i przetwarzania danych LabVIEW⁶.

Modele symulacyjne przekształtników energoelektronicznych

Środowiska symulacyjne układów przekształtnikowych umożliwiają modelowanie układów, przeprowadzenie eksperymentu wraz z obliczeniami numerycznymi oraz wizualizację rezultatów symulacji. Posiadają interfejs graficzny, przeznaczony do syntezy modelu układu poprzez tworzenie schematów połączeń i definiowanie parametrów poszczególnych elementów. Przy ich użyciu modelowanie układów energoelektronicznych, maszyn elektrycznych, ich obciążenia oraz układów sterujących w jednym wielopoziomym modelu jest szybkie i proste.

¹ M. Tondos, P. Michalak, *Energoelektronika – elementy i układy INPE24*, Wyd. SEP COSIW, Warszawa 2009.

² Z. Gryt, *Badania symulacyjne wektorowego układu sterowania silnika indukcyjnego przy wykorzystaniu programu Caspoc*, praca dyplomowa magisterska, Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, Gliwice 2008.

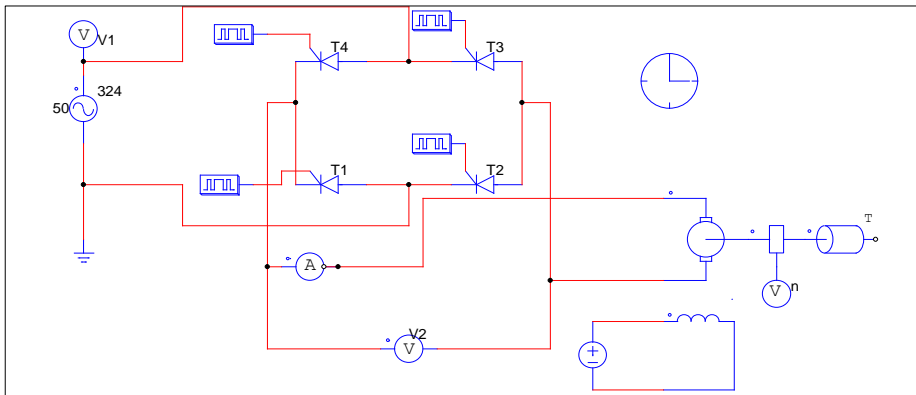
³ K. Iwan, P. Chrzan, J. Łuszcz, *Zaawansowane symulacje układów przekształtnikowych z zastosowaniem symulatora TCad 7*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2004, nr 10.

⁴ H. Mehar, *The Case Study of Simulation of Power Converter Circuits Using Psim Software in Teaching*, „American Journal of Educational Research” 2013, nr 1(4).

⁵ Z. Głowacz, J. Kuraś, *Symulacja układów elektromechanicznych z elementami półprzewodnikowymi z zastosowaniem pakietu Simulink*, IV Konferencja Naukowa „Modelowanie i symulacja”, Kościelisko 2006.

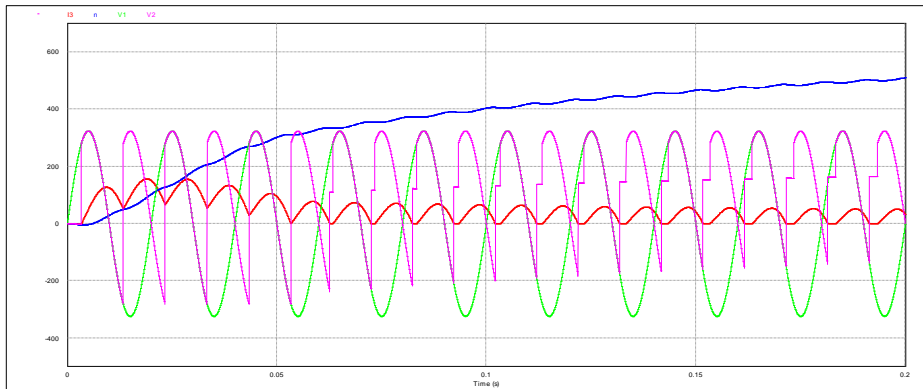
⁶ M. Krystkowiak, *Modelowanie przekształtników energoelektronicznych w środowisku LabVIEW*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej 2013, nr 76.

Podstawą modelu obliczeniowego w środowiskach symulacyjnych jest schemat strukturalny układu energoelektronicznego, w którym występują elementy elektryczne, elektromechaniczne i mechaniczne. W oparciu o biblioteki narzędziowe pakietu PSIM⁷, w których zgromadzone są w postaci graficznej różnorodne elementy (elektryczne, elektroniczne, mechaniczne i inne), zbudowano model symulacyjny przekształtnika AC/DC – prostownika sterowanego dwupulsowego zasilającego silnik obcowzbudny DC obciążony stałym momentem (rys. 1). Wyniki badań symulacyjnych w postaci przebiegów stanów nieustalonych podczas rozruchu silnika prezentują wykresy na rys. 2.



Rys. 1. Prostownik sterowany dwupulsowy zasilający silnik obcowzbudny DC

Źródło: opracowanie własne.

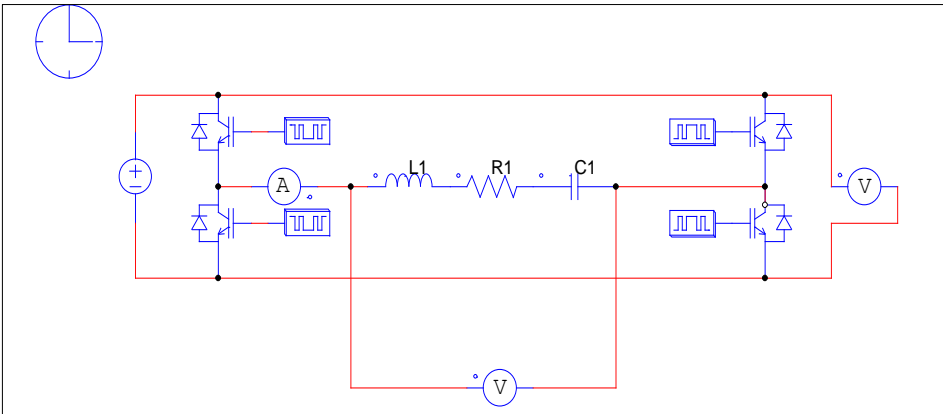


Rys. 2. Przebiegi napięcia, natężenia prądu i prędkości obrotowej podczas rozruchu silnika obcowzbudnego DC zasilanego z prostownika sterowanego dwupulsowego

Źródło: opracowanie własne.

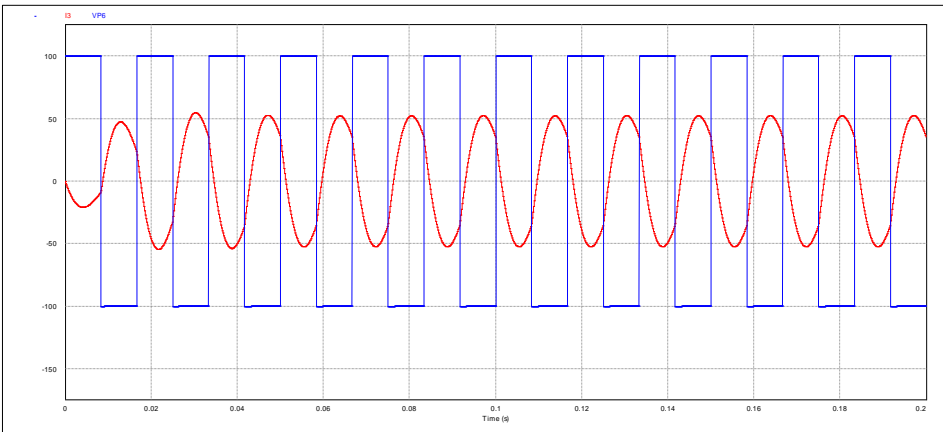
⁷ <http://powersimtech.com>

Na rys. 3 przedstawiono model przekształtnika DC/AC – falownika rezonansowego opracowany w środowisku PSIM, zaś na rys. 4 przebiegi napięciowo-prądowe odbiornika RLC.



Rys. 3. Falownik rezonansowy

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 4. Przebiegi napięcia i prądu odbiornika RLC

Źródło: opracowanie własne.

Pakiety symulacyjne nie wymagają zasadniczo budowania formalnego opisu matematycznego badanych układów. Jest to ich zaletą, gdyż upraszcza się tworzenie modelu obliczeniowego, wadą zaś ograniczony dostęp do badania zjawisk, które nie zostały uwzględnione w bibliotekach narzędziowych. Dużą wygodą w analizowaniu symulowanych systemów jest możliwość wykorzystania bogatej grafiki prezentacyjnej.

Metodyka ćwiczeń laboratoryjnych i prac projektowych

Metodyka prac laboratoryjnych i projektowych zakłada wstępne zapoznanie się z podstawowymi właściwościami układów przy pomocy oprogramowania symulacyjnego. Cykl badań symulacyjnych i projektowania układów energoelektronicznych w oparciu o przedstawione oprogramowanie obejmuje następujące etapy:

- przygotowanie modelu układu;
- przeprowadzenie symulacji;
- analiza przebiegów czasowych;
- korekcje modelu układu;
- ponowne prowadzenie symulacji;
- zakończenie badań po uzyskaniu przebiegów optymalnych.

Powyższy algorytm ma strukturę iteracyjną. Przed tworzeniem modelu należy starannie przeanalizować jego koncepcję. Model powinien odzwierciedlać rzeczywisty układ energoelektroniczny, co oznacza, że w modelu powinny się znaleźć elementy badanego obwodu elektrycznego oraz wirtualne mierniki elektryczne, wśród których istotne znaczenie mają oscyloskopy. Symulacja komputerowa układów energoelektronicznych analizuje procesy zachodzące w tych układach przez badanie zachowania ich modeli matematycznych z użyciem metod numerycznych. Podstawowym i często jedynym badaniem jest wyznaczenie odpowiedzi czasowej na wymuszenia określone w zadanych warunkach. Łatwość w posługiwaniu się oprogramowaniem pozwala na samodzielne modyfikowanie i tworzenie nowych modeli w ramach rozszerzonego programu ćwiczenia.

Uzyskanie potrzebnych informacji, np. wykresów, wartości maksymalnych, charakterystycznych parametrów przebiegów, wymaga dodatkowego przetworzenia uzyskanych w symulacji przebiegów. Narzędzia do takiej obróbki posiadają zwykle środowiska symulacyjne, można także wykorzystać oprogramowanie analityczne, przeznaczone do akwizycji danych pomiarowych. Do przetworzenia rezultatów symulacji doskonale nadaje się również arkusz kalkulacyjny.

W kolejnym etapie należy przeprowadzić badanie przekształtników na laboratoryjnych stanowiskach dydaktycznych. Następnie po zweryfikowaniu zgodności modeli symulacyjnych z obwodami rzeczywistymi powinno nastąpić sprecyzowanie i uogólnienie wniosków na podstawie dodatkowych symulacji komputerowych uzupełnionych o wyniki pomiarów w układach rzeczywistych.

Podsumowanie

Stosowanie różnorodnych metod kształcenia i narzędzi informatycznych ma dla nauczania energoelektroniki szczególną wartość praktyczną. Badania symulacyjne pozwalają przeprowadzić wszechstronne analizy stanów statycznych

i dynamicznych przekształtników energoelektronicznych ułatwiają prace projektowe. Zaprezentowane profesjonalne środowiska symulacyjne wykorzystuje się w pracy naukowej, inżynierskiej oraz dydaktycznej do:

- optymalizacji parametrów układów;
- poszukiwania i testowania nowych rozwiązań przekształtników;
- weryfikowania koncepcji i parametrów układów sterowania;
- badania odporności układów na asymetrię zasilania i awarie;
- badania wpływu układów na jakość energii elektrycznej.

Są one w dydaktyce szkoły wyższej szczególnie użytecznymi narzędziami w procesie kształcenia technicznego inżynierów elektryków i mechatroników.

Bibliografia

- Głowacz Z., Kuraś J., *Symulacja układów elektromechanicznych z elementami półprzewodnikowymi z zastosowaniem pakietu Simulink*, IV Konferencja Naukowa „Modelowanie i symulacja”, Kościelisko 2006.
- Iwan K., Chrzan P.J., Łuszcz J., *Zaawansowane symulacje układów przekształtnikowych z zastosowaniem symulatora TCad 7*, „Przegląd Elektrotechniczny” 2004, nr 10.
- Krystkowiak M., *Modelowanie przekształtników energoelektronicznych w środowisku LabVIEW*, Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej 2013, nr 76.
- Mehar H., *The Case Study of Simulation of Power Converter Circuits Using Psim Software in Teaching*, “American Journal of Educational Research” 2013, nr 1(4).
- Tondos M., Michalak P., *Energoelektronika – elementy i układy INPE24*, Wyd. SEP COSIW, Warszawa 2009.
- <http://www.tcad.com.pl>
<http://powersimtech.com>
<http://caspoc.com>
<http://www.mathworks.com/products/simpower>