

POLITECHNIKA POZNAŃSKA

Wydział Elektryczny



ROZPRAWA DOKTORSKA

mgr inż. Maciej Fajfer

**OBLICZENIA WSPÓLBIEŻNE
W SYMULACJI UKŁADU ELEKTRYCZNEGO
Z ZASTOSOWANIEM PROCESORA
SYGNAŁOWEGO**

(Concurrent computing in the simulation of the electric circuit with the use of DSP processor)

Promotor:
dr hab. inż. Sławomir Cieślik

Poznań 2019

Streszczenie

Rozprawa dotyczy obliczeń współbieżnych w symulacji układu elektrycznego z zastosowaniem procesora sygnałowego. Praca złożona jest z pięciu rozdziałów oraz spisu literatury.

W rozdziale pierwszym, stanowiącym wstęp do pracy zamieszczony został podrozdział dotyczący wyjaśnienia podstawowych pojęć i określeń stosowanych w treści rozprawy. Następnie zaś na podstawie analizy dostępnej literatury przedmiotu przedstawiono w ujęciu syntetycznym stan wiedzy dotyczący problematyki **cyfrowych symulatorów układów elektrycznych pracujących w czasie rzeczywistym** (skrótowo określanych jako **symulatory PwCR**). Analizowane publikacje naukowe zgrupowano w obszarze symulatorów PwCR i zastosowań obliczeń współbieżnych. Uzasadniono także celowość prowadzenia badań z wykorzystaniem symulatorów PwCR. Na tej podstawie sformułowany został cel, teza i zakres pracy.

Rozdział drugi zawiera zagadnienia związane z charakterystyką struktury sprzętowej i programowej platformy cyfrowej, zawierającej wielordzeniowy procesor sygnałowy. Dokonano tu wyboru procesora do konstrukcji platformy cyfrowej symulatora wraz z przedstawieniem osiągnięć w dziedzinie współczesnej techniki mikroprocesorowej. Na tej podstawie scharakteryzowano strukturę sprzętową oraz programową platformy cyfrowej zaprojektowanego i wykonanego symulatora PwCR. Przedstawiono również istotne zagadnienie jakim jest konstrukcja bloków wyjściowych mocy w jakie został wyposażony symulator.

Rozdział trzeci dotyczy teorii modelowania matematycznego układów elektrycznych z wykorzystaniem obliczeń współbieżnych. Przedstawiono ogólne zagadnienia modelowania układów elektrycznych z wykorzystaniem elementów strukturalnych (wielobiegunków). Następnie zaś podano uogólnione zewnętrzne równania macierzowe liniowego i nieliniowego elementu strukturalnego obwodu elektrycznego (wielobiegunka) w dyskretnym modelu matematycznym układu elektrycznego. Przedstawiono zagadnienie dekompozycji dyskretnego modelu matematycznego układu elektrycznego na zadania, które mogą być realizowane współbieżnie. Zaprezentowano również algorytmy modelowania układów elektrycznych z obliczeniami sekwencyjnymi, jak i współbieżnymi dla układów liniowych oraz nieliniowych. Ponadto podano algorytmy optymalizacji obliczeń współbieżnych dla układów liniowych i nieliniowych.

Rozdział czwarty zawiera zagadnienia dotyczące analizy stanów pracy przykładowego układu elektrycznego. Przedstawiono tu szereg wyników badań, jakie zostały przeprowadzone z wykorzystaniem skonstruowanego symulatora PwCR. Badano stabilność symulacji stanów pracy układu elektrycznego w czasie rzeczywistym z wykorzystaniem rejestratora PQ-Box 100. Zaprezentowano także wyniki badań dotyczące dołączenia do symulatora PwCR rzeczywistych obiektów technicznych (regulatorów), które stanowiły otoczenie symulatora. Wykorzystywano tu złożony układ elektryczny zawierający ok. 150 wielobiegunków i niezależnych węzłów układu elektrycznego. Ponadto przedstawiono wyniki badań nieliniowego układu elektrycznego.

Pracę zamyka rozdział piąty zawierający wnioski wyciągnięte z całości dysertacji.

Abstract

The dissertation concerns concurrent computing in simulation of electric power systems with digital signal processor. It consists of five chapters and a bibliography.

The first chapter focuses on the introduction, and it begins with a subchapter related to explanation of basic concepts and terminology used in the dissertation. Next, it presents the current state of knowledge on the issue of **real-time digital simulators of electric power systems**, based on analysis of available subject literature. The analyzed scientific papers were classified into a group of real-time simulators and concurrent computing application. The author presents the need for carrying out a research with real-time simulators and based on that formulates the goal and scope of his work.

The second chapter concerns the issues related to description of the hardware and software structure of the digital platform containing a multicore signal processor. It focuses on the choice of the processor for the construction of the digital platform of the simulator and presents the achievements in the field of modern microprocessor technology. Based on that, the author describes the hardware and software structure of designed and created real-time simulator. This chapter also explains the important issue of the construction of power output blocks of the simulator.

The third chapter is related to the issue of mathematical modeling theory of electric power systems with the use of concurrent computing. It explains the general issues of electric power systems modeling with the use of subcircuits. Afterwards, it gives the generalized external matrix equations of the linear and non-linear subcircuits of the electrical circuit in a discrete mathematical model of the electric system. The chapter also presents the problem of decomposition of a discrete mathematical model of an electric system into tasks that can be calculated concurrently. It also presents the mathematical modeling algorithms of electric power systems with sequential and concurrent computing for linear and non-linear systems. Furthermore, in this chapter the author presents the optimization algorithms for concurrent computing of linear and non-linear systems.

The fourth chapter covers the issues related to analysis of working states of a sample electric power system. It presents a significant number of research results, which were carried out using real-time simulators. The author carried out a research of simulation stability of electric power system states in real time using power quality analyzer PQ-Box 100. The chapter also presents the results of a research on the connection of real technical objects (controllers) from the external environment to the simulator. The author uses a complex electrical system containing about 150 subcircuits and independent electrical system nodes. Furthermore, he explains the research results for non-linear system.

The final, fifth chapter which closes the dissertation contains the conclusions.