

BADANIA STANÓW PRACY
PRZEKSZTAŁNIKÓW ENERGEOELEKTRONICZNYCH
W UKŁADACH WZBUDZENIA I REGULACJI NAPIĘCIA
BŁOKÓW ENERGETYCZNYCH DUŻEJ MOCY

Omelian Płachtyna, Sławomir Cieślik

Akademia Techniczno-Rolnicza. Instytut Elektrotechniki
ul. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz

W referacie przedstawiono zastosowanie komputerowego symulatora bloku elektroenergetycznego (580 MVA) rzeczywistej elektrowni jądrowej do badania stanów pracy (zwykłych i awaryjnych) przekształtników energoelektronicznych w układach wzbudzenia i regulacji napięcia generatorów synchronicznych.

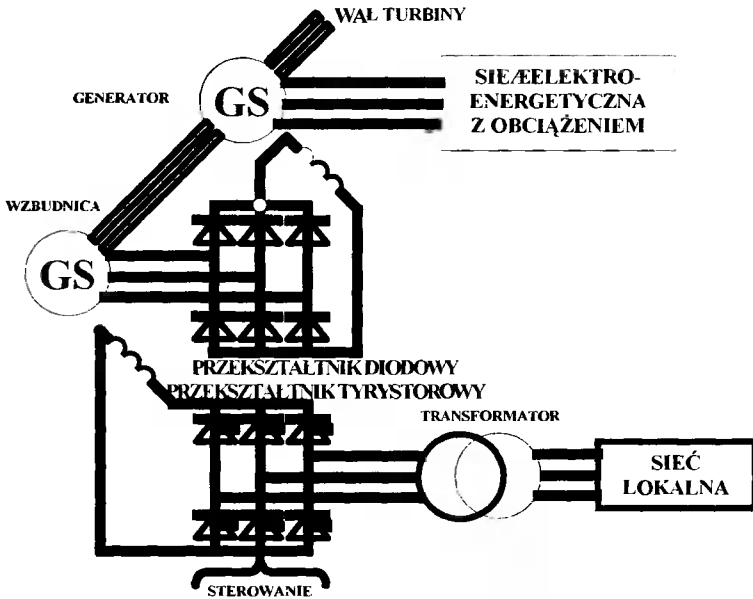
Słowa kluczowe: symulator komputerowy, układy wzbudzenia generatorów synchronicznych, układy regulacji napięcia generatorów synchronicznych, symulacja układów elektromechanicznych

1. WSTĘP

Głównym elementem zespołów wytwórczych elektrowni (o dużych mocach znamionowych – kilkaset MVA na jeden blok) są generatory synchroniczne wyposażone w układy wzbudzenia i regulacji napięcia. Komitet IEEE zaleca [1] trzy podstawowe typy układów wzbudzenia z regulatorami napięcia: z wykorzystaniem prądnic prądu stałego, z wykorzystaniem prądnic synchronicznych (wzbudnic) współpracujących z prostownikami diodowymi oraz z wykorzystaniem przekształtników tyrystorowych. Zastosowanie przekształtników energoelektronicznych w tak złożonych układach elektromechanicznych wymusza na projektantach, jak również na personelu obsługującym elektrownię posiadanie odpowiedniej wiedzy i doświadczenia w zakresie normalnych i awaryjnych stanów pracy tych urządzeń. Badania stanów pracy przekształtników energoelektronicznych muszą odbywać się z uwzględnieniem powiązań w całym układzie elektromechanicznym, a to implikuje konieczność rozpatrywania układów złożonych.

Współcześnie badania układów energoelektronicznych odbywają się za pomocą symulacji komputerowej [2]. W literaturze prezentowano modele matematyczne systemów elektroenergetycznych (m.in. [3, 4]), w których występowały funkcjonalne modele matematyczne układów wzbudzenia z regulatorami napięcia generatorów synchronicznych. Modele te wykorzystuje się do badań stanów pracy systemu elektroenergetycznego, w którym przekształtnik energoelektroniczny traktowany jest jako element blokowy o określonych sygnałach wejściowych i wyjściowych. Z wykorzystaniem metody modelowania matematycznego [5] opracowano komputerowy symulator bloku elektroenergetycznego o mocy 580 MVA rzeczywistej elektrowni jądrowej [6], którego możliwości, w zakresie badań przekształtników energoelektronicznych w złożonych układach elektromechanicznych, zaprezentowano w referacie.

Modelowany blok elektroenergetyczny (rys. 1) składa się z następujących elementów: głównego generatora synchronicznego, generatora synchronicznego jako wzbudnicy, sieci elektroenergetycznej z obciążeniem, prostownika diodowego zasilającego uzwojenie wzbudzenia głównego generatora, sterowanego prostownika tyrystorowego zasilającego uzwojenie wzbudzenia wzbudnicy, transformatora, sieci lokalnej oraz układu sterowania tyrystorami.



Rys. 1. Schemat elektryczny modelowanego bloku elektroenergetycznego

2. OPIS KOMPUTEROWEGO SYMULATORA ELEKTROWNI

Modułową strukturę komputerowego symulatora bloku elektroenergetycznego elektrowni przedstawiono na rysunku 2. Z głównego menu użytkownik ma do wyboru cztery podmenu:

- schemat bloku elektroenergetycznego – prezentacja graficzna modelowanego układu elektromechanicznego z odpowiednimi oznaczeniami wielkości fizycznych,
- parametry elementów strukturalnych układu – podprogram pozwalający użytkownikowi wprowadzenie aktualnych wartości parametrów elementów układu, tj.: głównego generatora, wzbudnicy, transformatora, sieci elektroenergetycznej z obciążeniem oraz sieci lokalnej,
- obliczenia – podprogram umożliwiający wprowadzenie parametrów symulacji (czas trwania symulacji, krok całkowania równań różniczkowych, rozdzielczość rejestracji odpowiednich przebiegów) oraz uruchomienie procesu obliczeniowego,
- prezentacja wyników – podprogram, w którym użytkownik wybiera wielkości fizyczne, których przebiegi będą prezentowane, określa zakresy wykresów (wartości minimalne i maksymalne) oraz inicjalizuje prezentację graficzną wyników symulacji (w postaci przebiegów czasowych na monitorze z możliwością drukowania).

MENU GŁÓWNE**SCHEMAT BLOKU
ENERGETYCZNEGO****PARAMETRY ELEMENTÓW
STRUKTURALNYCH**

SIEĆ LOKALNA

TRANSFORMATOR

GENERATOR

WZBUDNICA

SIEĆ ELEKTROENERGETYCZNA

OBLICZENIA

PARAMETRY SYMULACJI

INICJALIZACJA OBLICZEŃ

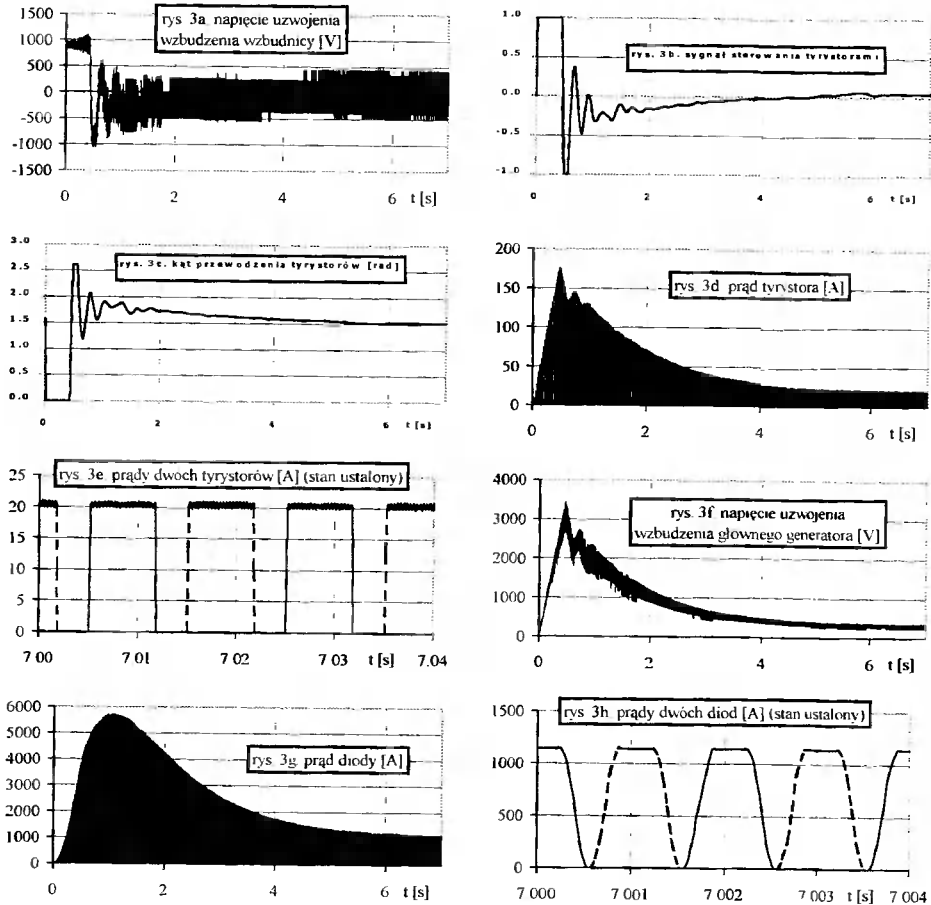
PREZENTACJA WYNIKÓW

Rys. 2. Modułowa struktura komputerowego symulatora bloku elektroenergetycznego

3. PRZYKŁADOWE WYNIKI SYMULACJI

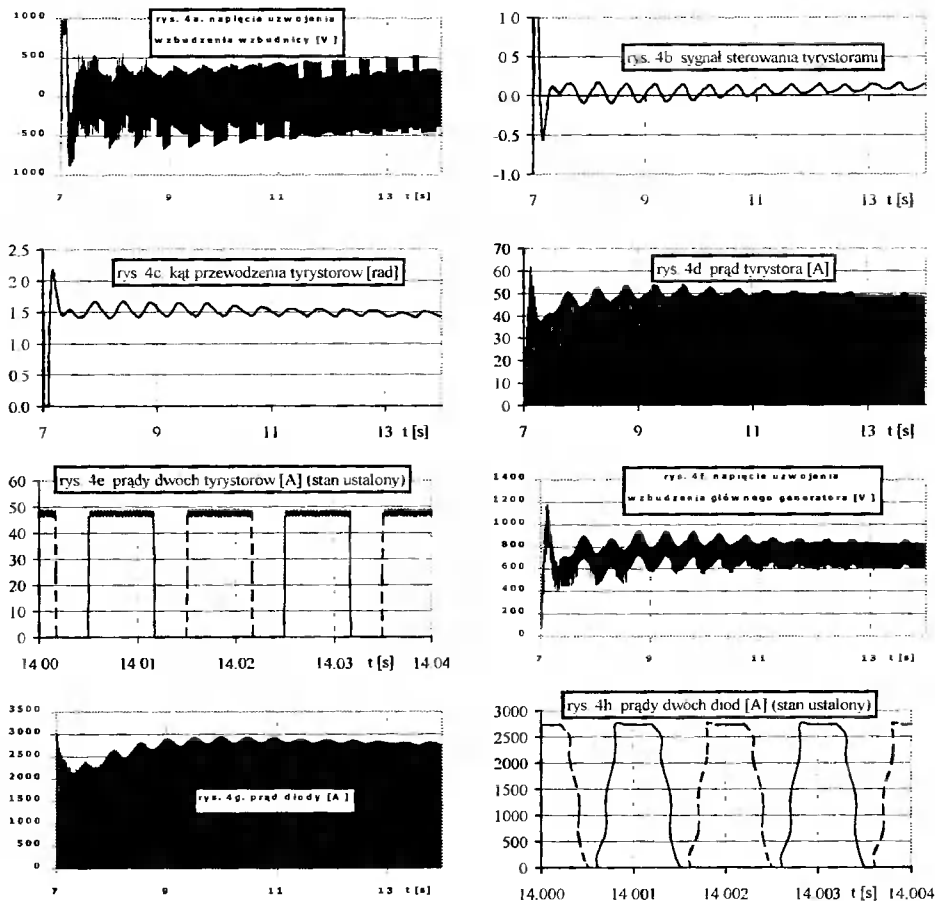
Na rysunku 3 przedstawiono przebiegi wybranych wielkości jako przykładowe wyniki symulacji stanu przejściowego podczas wzbudzenia generatora. Przekształtnik tyrystorowy zasilany jest z trójfazowej sieci lokalnej przez transformator. Przebieg czasowy napięcia wyjściowego przekształtnika (rys. 3a) jest wynikiem sekwencyjnego doprowadzania do zacisków uzwojenia wzbudzenia wzbudnicy wybranych segmentów przebiegów czasowych napięć uzwojeń wtórnych transformatora. Możliwe to jest dzięki sygnałom (rys. 3b) generowanym przez układ sterowania, które podawane do bramek tyrystorów zmieniają kąt ich przewodzenia (rys. 3c). Prądy płynące przez tyrystory (rys. 3d i 3e) składają się z odpowiednich segmentów przebiegu prądu w uzwojeniu wzbudzenia wzbudnicy. Wzbudnica jest źródłem energii przekształtnika diodowego zasilającego uzwojenie wzbudzenia głównego generatora.

Wiriniki obu generatorów synchronicznych osadzone są na wspólnym wale z turbiną, ale dzięki zwiększonej liczbie par biegunów wzbudnicy ($p = 10$) generowane jest napięcie o częstotliwości 500 Hz. Do uzwojenia wzbudzenia głównego generatora podawane jest napięcie wyjściowe prostownika (rys. 3f), pod wpływem którego w tym uzwojeniu płynie prąd będący sumą algebraiczną prądów płynących przez diody (rys. 3g i 3h).



Rys. 3. Przebiegi charakteryzujące proces przejściowy podczas wzbudzenia bloku elektroenergetycznego elektrowni

Na rysunku 4 przedstawiono, jako drugi przykład, wyniki symulacji stanu przejściowego podczas załączenia bloku elektroenergetycznego do sieci. Oznaczenia literowe wielkości przy poszczególnych rysunkach są zgodne z przedstawionymi i opisanymi w poprzednim przykładzie.



Rys. 4. Przebiegi charakteryzujące proces przejściowy podczas załączenia bloku do sieci elektroenergetycznej

4. PODSUMOWANIE

Opracowany komputerowy symulator bloku elektroenergetycznego rzeczywistej elektrowni pozwala na badania stanów pracy m.in. przekształtników energoelektronicznych w układach wzbudzenia i regulacji napięcia generatorów synchronicznych. W wyniku symulacji możliwe jest otrzymanie informacji o wielkościach fizycznych związanych z pojedynczymi przyrządami półprzewodnikowymi (np. prądy gałęziowe przekształtników) i o wpływie ich pracy (normalnej i awaryjnej: zwarcia, przerwy) na działanie całego układu elektromechanicznego bloku wytwórczego.

LITERATURA

- [1] IEEE Committee Report, February 1981. Excitation system models for power system stability studies. IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems. Vol. PAS-100, No. 2.
- [2] Szczęsny R., 1999. Komputerowa symulacja układów energoelektronicznych. Wyd. Politechniki Gdańskiej.
- [3] Paszek S., 1998. Optymalizacja stabilizatorów systemowych w systemie elektroenergetycznym. Zesz. Nauk. Politechniki Śląskiej, Gliwice.
- [4] Zajczyk R., 1996. Sterowanie pracą elektroenergetycznego węzła wytwórczego w stanach nieustalonych. Zesz. Nauk. Politechniki Gdańskiej.
- [5] Плaxтына Е.Г., 1986. Математическое моделирование электро-машинно-вентильных систем. Издательство при Львовском Государственном Университете Издательского Объединения «Вища Школа».
- [6] Plakhtyna O., Cieslik S., Kutsyk A., 2002. Use of computer simulator for training the operating staff of a power plant. Proceedings of the International Conference on Problems of Automated Electrodrive. Theory and Applications. Kharkov, Ukraine.

THE OPERATING CONDITION STUDY OF POWER CONVERTERS
IN EXCITATION AND VOLTAGE CONTROL SYSTEMS
OF THE LARGE POWER ELECTRIC UNIT

Summary

Excitation and voltage control system operation of synchronous generators underlines the rapid changes, thus requiring extensive co-ordination and parallel acting of all researchers involved under normal as well as abnormal operating conditions. Dynamic performance analysis of power converters using the computer simulator of the electric unit of real nuclear power plant is presented in the paper.

Keywords: the computer simulator, excitation systems of a synchronous generator, voltage control systems of a synchronous generator, the simulation of electromechanical systems