ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2001
Seria: ELEKTRYKA z. 177 Nr kol. 1501

Komunikat

Adrian NOCOŃ[1)]

STEROWNIK PROGRAMOWALNY TSX37 MICRO JAKO ROZMYTY REGULATOR NAPIĘCIA GENERATORA SYNCHRONICZNEGO MAŁEJ MOCY

Streszczenie. W artykule przedstawiono badania laboratoryjne dotyczące możliwości wykorzystania sterowników programowalnych PLC w zamkniętych układach regulacji. Badany sterownik TSX37 Micro firmy Modicon został wykorzystany do regulacji napięcia twornika generatora małej mocy, pracującego samotnie. Do sterowania zastosowano regulator typu PI, oparty na module (FUZ) logiki rozmytej implementowanym w badanym sterowniku.

TSX37 MICRO PLCs AS FUZZY VOLTAGE CONTROLLER OF LOW-POWER SYNCHRONOUS GENERATOR

Summary. In the paper laboratory tests dealing with the use of PLCs in control systems are described. The TSX37 Micro PLCs of Modicon is used for control of a stator voltage of a low-power synchronous generator working standalone. A PLCs it is used PI-type controller based on fuzzy logic module (FUZ) is implemented in the controller investigated.

Key words: synchronous generator, PLC controller, fuzzy controller

1. WPROWADZENIE

Sterowniki programowalne PLC wyposażane są zazwyczaj w moduły wejść i wyjść dwustanowych, co w znaczny sposób ogranicza ich zastosowanie. Karta komunikacyjna pozwala na sterowanie innymi urządzeniami, takimi jak przemienniki częstotliwości i układy łagodnego rozruchu. Wyposażenie sterownika w moduł wejść i wyjść analogowych i połączenie go z energoelektronicznym modułem mocy daje możliwość zastosowania sterownika jako regulatora. W niniejszej pracy został przedstawiony układ wykorzystujący programowalny sterownik TSX37 Micro firmy Modicon jako regulator sterujący napięciem generatora synchronicznego małej mocy pracującego samotnie.

W rozwiązaniach klasycznych do sterownia napięciem generatora wykorzystywany jest mniej lub bardziej skomplikowany (zawierający elementy dodatkowe takie jak ograniczenia, moduły kontroli i monitoringu) układ regulacji oparty na algorytmie regulacji typu PI (proporcjonalno-całkujący) lub PID (proporcjonalno-całkująco-różniczkujący). Obecnie coraz częściej klasyczny algorytm sterowania proporcjonalno-całkującego modyfikowany procedurami dostosowującymi go do zmieniających się warunków pracy układu sterowania (zmiana parametrów obiektu regulacji lub wymogów procesu technologicznego). Powstają więc coraz bardziej złożone regulatory adaptacyjne realizowane przez układy mikroprocesorowe. Alternatywnym rozwiązaniem wydaje się być budowa regulatorów opartych na logice rozmytej, dla których obliczenia projektowe i numeryczne nakłady obliczeniowe w czasie pracy nie są duże, a jakość regulacji, przy odpowiednim doborze regulatora (odpowiednio dobrane zmienne lingwistyczne i ich funkcje przynależności oraz poprawna konstrukcja Bazy Reguł), jest porównywalna, a czasem i wyższa niż w układach klasycznych. Zastosowanie logiki rozmytej daje szerokie możliwości dostosowania dynamiki regulatora do obiektu regulacji. Możliwa jest budowa układu regulacji „odpornego" na zakłócenia i umożliwiającego poprawne sterowanie w szerokich granicach zmian parametrów obiektu regulacji, dla generatora – np. zmiana niektórych jego parametrów, dla prostownika sterowanego będącego źródłem wzbudzenia – np. zmiana charakteru prądu z nieprzerywanego na przerywany.

[1)] Mgr inż., Katedra Maszyn i Urządzeń Elektrycznych Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 10a, 44-100 Gliwice, tel. +4832-237-18-32, a_nocon@kmiue.elektr.polsl.gliwice.pl

2. STEROWNIK PROGRAMOWALNY TSX37 MICRO

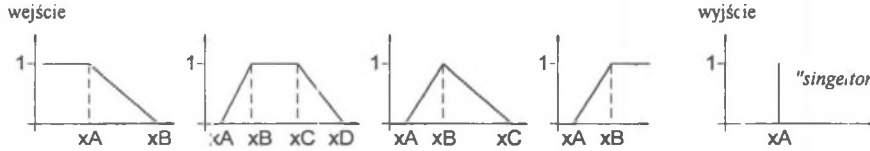
Aby sterownik PLC mógł spełniać rolę regulatora, musi zostać wyposażony w moduły (kasety) wejść i wyjść analogowych. Moduły takie umożliwiają sterowanie wzmacniaczem mocy (np. prostownikiem sterowanym, rys.2) bezpośrednio ze sterownika, bez pośrednictwa kart komunikacyjnych lub przetworników cyfrowo-analogowych (wyjście) i analogowo-cyfrowych (wejście). Zamontowane moduły w badanym sterowniku obsługiwały 8 wejść i 4 wyjścia napięciowe o zakresie ±10V i separacji względem części sterującej 1000V.

Do programowania zarówno samego sterownika, jak i programowego modułu logiki rozmytej (FUZ) wykorzystywany jest program PL7 Micro, przystosowany do pracy w środowisku Windows9x. Przejrzysta struktura i pomoc ze strony programu w znaczny sposób ułatwiają programowanie sterownika zarówno „klasyczne" (obsługa wejść i wyjść dwustanowych), jak i z wykorzystaniem modułów dodatkowych – np. logiki rozmytej.

Sterowniki programowalne TSX37 są urządzeniami z możliwością sterowania z wykorzystaniem logiki rozmytej. Moduł logiki rozmytej implementowany w sterowniki TSX37 posiada następujące podstawowe właściwości:

- 5 wejść; 4 wyjścia;
- maksymalnie 25 reguł w Bazie Reguł;
- maksymalnie 20 funkcji przynależności dla zmiennej wejściowej i 16 dla wyjściowej;
- maksymalnie 10 zmiennych lingwistycznych;
- wyjście typu *„singelton"*;

Jako funkcje przynależności w sterowniku dostępne są predefiniowane zbiory w postaci jak na rys.1. Na ich podstawie, przy wartościach xA, xB, xC i xD definiowanych przez programistę, możliwa jest konstrukcja prawie wszystkich możliwych relacji rozmytych wykorzystywanych w regulacji.



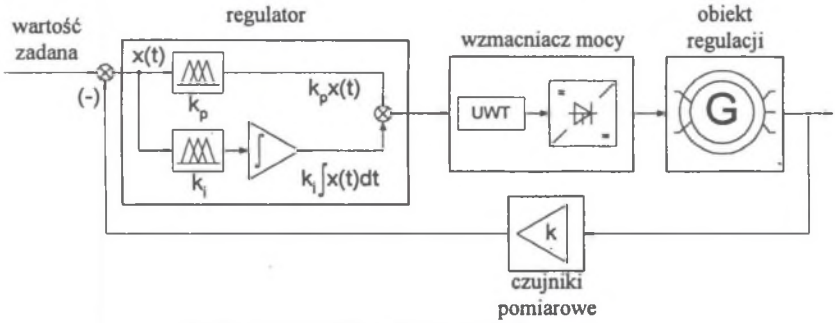
Rys.1. Predefiniowane funkcje przynależności modułu logiki rozmytej sterownika TSX37
Fig. 1. Predefined membership functions of fuzzy rule databases in TSX37

3. UKŁAD REGULACJI

W badanym układzie regulacji zastosowano pojedynczy rozmyty regulator napięcia typu PI. Funkcje przejścia regulatora określa zależność (1), a ogólną postać zbudowanego układu regulacji przedstawia rys.2.

$$U = k_P\, e + k_I \int e \cdot dt\,. \tag{1}$$

Współczynniki wzmocnienia części proporcjonalnej k_p i całkującej k_i zostały wstępnie dobrane na podstawie stałych czasowych przejściowej i podprzejściowej generatora. Do wyznaczenia tychże nastaw wykorzystano optimum modułowe.

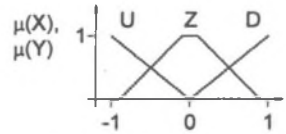


Rys.2. Schemat blokowy układu regulacji generatora
Fig. 2. Schematic diagram of a generator with controller

W badanym układzie regulacji moduł logiki rozmytej ma na celu dostosowanie wzmocnień części proporcjonalnej i całkującej do aktualnego stanu pracy obiektu regulacji. Dla dużego błędu regulacji zarówno część proporcjonalna, jak i całkująca powinny w jak najkrótszym czasie doprowadzić do zerowego błędu, więc wartości wzmocnień k_p i k_i powinny być duże. Natomiast w stanie ustalonym, gdy napięcie twornika jest równe wartości zadanej, układ regulacji powinien w maksymalny sposób stabilizować to napięcie. Stabilizacje taką można uzyskać zmniejszając wartości współczynników wzmocnienia regulatora.Daje to, w pewnym sensie, ograniczenie wpływu zakłócających szumów na układ regulacji.

Powyższe działanie można osiągnąć poprzez zastosowanie, zarówno do zmian współczynnika wzmocnienia członu proporcjonalnego jak i całkującego, następującej Bazy Reguł:

1 If **X** is **U** then **Y** is **U**
2 If **X** is **Z** then **Y** is **Z**
3 If **X** is **D** then **Y** is **D**



Rys.3. Funkcje przynależności
Fig. 3. Membership functions

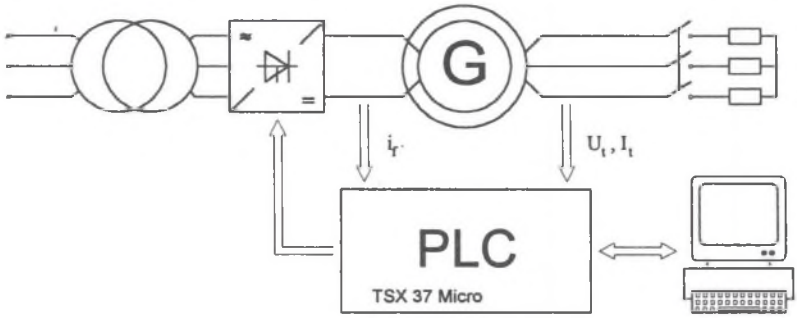
Wszystkie zmienne lingwistyczne w Bazie Reguł mają funkcje przynależności o kształcie pokazanym na rys.3.

4. WYNIKI BADAŃ LABORATORYJNYCH

Badania zostały przeprowadzone dla układu przedstawionego w postaci schematu ideowego na rys.4. Przedmiotem badań był układ regulacji generatora synchronicznego małej mocy o następujących danych znamionowych:

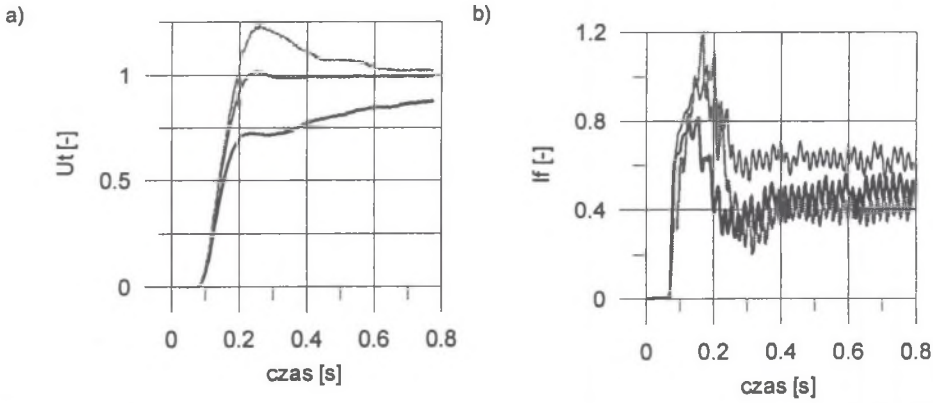
napięcie znamionowe twornika – 400V,
prąd znamionowy – 7A,
moc znamionowa – 4kW,
prędkość znamionowa – 3000 obr/min.

Uzwojenie wzbudzenia generatora zasilone zostało z sześcipulsowego tyrystorowego prostownika sterowanego.



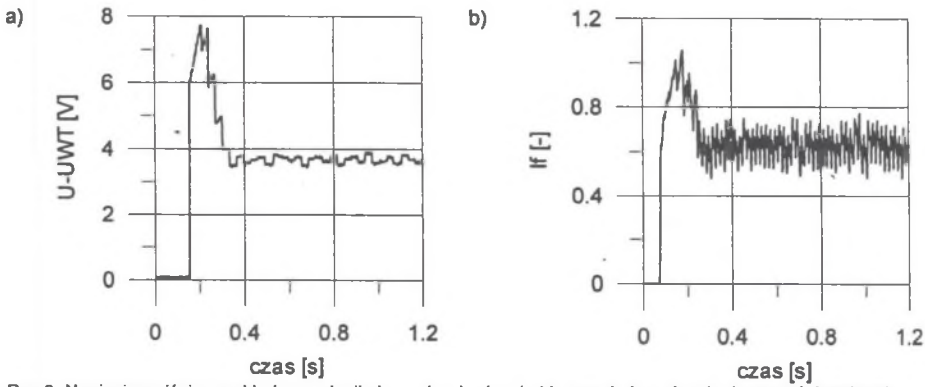
Rys.4. Schemat ideowy badanego układu
Fig. 4. Schematic diagram of the laboratory stand

Ponieważ badany regulator wykorzystuje programowy algorytm regulacji, ma bardzo szerokie możliwości prostej zmiany nastawień poszczególnych elementów regulatora. Zmiana następuje poprzez wpisanie do programu sterownika żądanej wartości, odpowiadającej wzmocnieniu czy stałej czasowej całkowania. Rysunek 5 prezentuje przebiegi napięcia twornika i prądu wzbudzenia przy skokowej zmianie wartości zadanej dla różnych nastawień współczynnika wzmocnienia członu proporcjonalnego regulatora napięcia.



Rys.5.Wpływ zmian współczynnika wzmocnienia k_P regulatora rozmytego na napięcie twornika 1) i prąd wzbudzenia 2) dla skokowej zmiany wartości zadanej napięcia twornika
Fig.5. Influence of changes of the gain coefficient k_P of a fuzzy controller on armature voltage 1) and exciting current 2) for jump of the fixed armature voltage

Regulator typu PI zrealizowany w sterowniku PLC jest regulatorem cyfrowym (operującym na wartościach próbek wielkości wejściowych), posiada również wyjście, którego stan zmienia skokowo swoją wartość (w sterowniku PLC wartość wyjścia – napięcie modułu analogowego – aktualizowane jest po zakończeniu wszystkich operacji obliczeniowych). Powyższe cechy oraz pewne nieuniknione błędy numeryczne i skończona rozdzielczość wejść i wyjść mogą niekorzystnie wpływać na prąd wzbudzenia, a co za tym idzie i na napięcie twornika. Jednakże „bezwładność" wstępnego członu wzmacniacza mocy (układu wyzwalania tyrystorów) powoduje wygładzenie oscylacji napięcia sterowania wzbudzenia i prądu wzbudzenia (rys.6 b), a tym samym poprawę stabilności pracy układu regulacji.



Rys.6. Napięcie wyjściowe układu regulacji a), prąd wzbudzenia b) przy skokowej zmianie wartości zadanej
Fig. 6. Output voltage of a fuzzy controller a), excitation current b) for jump of the fixed stator voltage

5. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, iż sterowniki programowalne oprócz standardowych funkcji nadzoru procesu technologicznego mogą spełniać funkcje regulacyjne. Wykorzystanie sterowników programowalnych do regulacji posiada ogromną zaletę, jaką jest prostota programowania i budowy układu regulacji. Oznacza to, iż sterownik PLC wyposażony w moduły wejść i wyjść analogowych staje się uniwersalnym regulatorem. Może posłużyć do sterowania wieloma nawet skomplikowanymi procesami i to nie tylko z wykorzystaniem standardowego regulatora PID (niektórzy producenci wyposażają swoje sterowniki w wewnętrzny algorytm regulatora PID), ale również innych algorytmów, np. adaptacyjnego typu PI. Jeżeli sterownik jest wyposażony w odpowiednie oprogramowanie, możliwa jest budowa układu regulacji w oparciu o logikę rozmytą, co jest obecnie pożądane w układach regulacji.

LITERATURA

1. Paszek W.: Dynamika maszyn elektrycznych. Wydawnictwo Helion, Gliwice 1998.
2. Paszek W.: Zastosowanie wzmacniaczy magnetycznych do układów regulacji napięcia. PWN, Warszawa 1967.
3. Yager R., Filev D.: Podstawy modelowania i sterowania rozmytego. WNT, Warszawa 1995.
4. Vas.p.: Artificial – Intelligence – Based Electrical Machines and Drives, Oxford Science Publications, Oxford 1999.
5. Dokumentacja techniczna sterownika TSX 37 05 / 37 08 / 37 10 / 37 20.
6. Dokumentacja techniczna oprogramowania PL7 Micro/Junior/Pro/Pro Dyn (Version V3.•).
7. Dokumentacja techniczna oprogramowania PL7 FUZ.

Recenzent: Dr hab. inż. Teresa Orłowska-Kowalska
Profesor Politechniki Wrocławskiej

Wpłynęło do Redakcji dnia 15 lutego 2001 r.

Abstract

The paper presents the possibility of using PLC controllers as a fuzzy controller of a low power synchronous generator operating standalone. In the laboratory tests the PLC used as a controller cooperated with a bridge, 3-phase, thyristor, controlled rectifier (Fig.2).

Chapter 1 describes the genesis of the fuzzy controller basing on a PLC controller.

The fuzzy logic module included in the software of the TSX37 Micro controller investigated (manufactured by Modicon) is presented in Chapter 2. Fig. 1 shows the predefined membership functions of the linguistic variables of the fuzzy logic module inputs and outputs.

Chapter 3 gives the general information dealing with the control system, especially with the PI fuzzy controller. Fig. 2 shows the general structure of the control system consisting of a fuzzy controller, a power amplifier and a controlled system.