

Antoni BOGUCKI

Zbigniew BARTOŃ

Bożena PALUCHIEWICZ

O JEDNEJ Z MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA WPLYWU UKŁADU REGULACJI PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ TURBINY NA STABILNOŚĆ DYNAMICZNĄ SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

Streszczenie. W artykule zaprezentowano zastosowanie adaptacyjnego regulatora do regulacji prędkości obrotowej turbiny. Adaptacyjne sterowanie jest realizowane zgodnie z metodą Lyapunowa.

ON THE POSSIBILITY OF INCREASE OF A GOVERNOR CONTROL INFLUENCE ON TRANSIENT STABILITY OF POWER SYSTEMS

Summary. This paper presents the application of the adaptive regulator for a load frequency control of turbine. An adaptive control is based on the Lyapunov method.

ОБ ОДНОЙ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРУЮЩЕЙ УГЛОВУЮ СКОРОСТЬ ТУРБИНЫ НА ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Резюме. В статье представляется применение адаптивной системы управления регулирующей угловую скорость турбины. Адаптивное управление реализуется по методу Ляпунова.

1. WPROWADZENIE

Rozwój współczesnej techniki spowodował ogromną złożoność układów regulacji. Równocześnie wzrosły wymagania, jakie muszą spełniać te układy, zarówno w stanach statycznych, jak i dynamicznych. Coraz powszechniejsze jest stosowanie układów, które w czasie rzeczywistym reagują na

występujące zakłócenia dynamicznie zmieniając swoje parametry tak, aby do minimum zmniejszyć skutki zakłócenia.

Artykuł niniejszy proponuje zastosowanie adaptacyjnej metody sterowania mocą turbiny. Praktyczną realizację takich układów można uzyskać wykorzystując powszechnie dostępne i sprawdzone układy cyfrowe.

2. PROPONOWANA METODA ADAPTACYJNEGO STEROWANIA

Układ regulacji mocą turbiny może być opisany następującymi równaniami:

$$\text{Model:} \quad T_1 \dot{Z}_1 = -Z_1 + K_1 \Delta \omega_1 \quad (1)$$

$$\text{Obiekt:} \quad T_1 \Delta P_m = -\Delta P_m + K_c K_v \Delta \omega_1 \quad (2)$$

gdzie: K_v - parametr nieznan, K_c - parametr zmieniający się automatycznie w czasie zakłóceń, T - stała czasowa układu regulacji.

Błąd regulacji określa równanie:

$$e = Z - \Delta P_m \quad (3)$$

Dla uproszczenia w poniższych relacjach nie będzie już uwzględniany indeks "1".

Pochodną błędu określa relacja:

$$\dot{e} = -\frac{1}{T} e + \Delta \omega \frac{K - K_c K_v}{T} = \frac{\delta f}{T} \Delta \omega + \frac{1}{T} e \quad (4)$$

gdzie: $\delta f = K - K_c K_v$

Założmy, że funkcja Lapunowa ma postać:

$$V = e^2 + \lambda \delta f^2, \quad \lambda > 0 \quad (5)$$

wtedy:

$$\dot{V} = 2 e \left(-\frac{e}{T} + \frac{\delta f}{T} \Delta \omega \right) + 2 \delta f \delta \dot{f} \lambda \quad (6)$$

Zakładając, że:

$$\delta \dot{f} = -\frac{e}{\lambda T} \Delta \omega - \delta f$$

otrzymuje się

$$\dot{V} = -2 \frac{e^2}{T} - 2 \lambda \delta f^2 \quad (7)$$

Na podkreślenie zasługuje, że

$$\delta \dot{f} = -K_v K_c$$

Uwzględniając powyższą relację, algorytm sterowania określa równanie:

$$-K_v K_c = -\frac{e}{T \lambda} - \Delta \omega - (K - K_v K_c) \quad (8)$$

Algorytm określony relacją (8) będzie prawdziwy tylko dla określonych λ [3,5]. Jest to spowodowane tym, że λ zależy od nieokreślonego parametru K_v [5].

Uwzględniając wyniki prac [2,4] (δf zmienia się o wiele szybciej niż $\Delta \omega$) i pamiętając, iż $\Delta \omega \rightarrow 0$ gdy $t \rightarrow \infty$, δf można opisać równaniem:

$$\delta \dot{f} = -\frac{e}{\lambda T} \Delta \omega \quad (9)$$

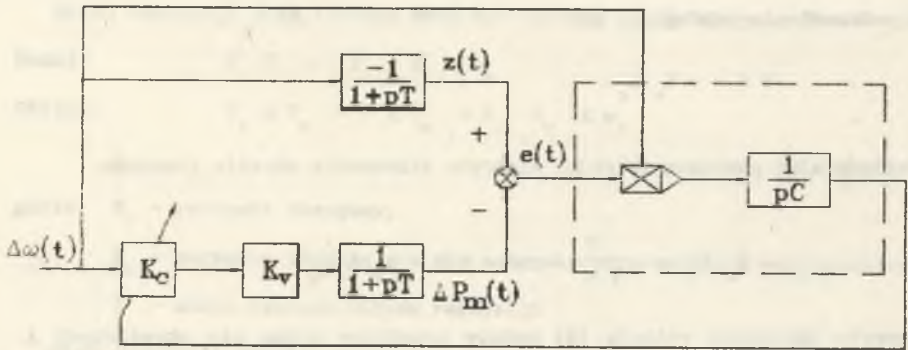
Relacja (9) zapewnia, iż $V < 0$ i tym samym równocześnie umożliwia określenie równania, które zmieniając dynamicznie wzmacnienie zapewni stabilność regulowanego systemu elektroenergetycznego. Współczynnik K_c musi zmieniać się zgodnie z następującą zależnością:

$$K_c = \frac{e}{\lambda K_v T} \Delta \omega \quad (10)$$

czyli:

$$\dot{K}_c = (Z - \Delta P_m) \Delta \omega \frac{1}{c}$$

gdzie: dla $K_v > 0$ wielkość $\lambda K_v T$ można przyjmować jako np. stałą c (niezależną od K_v). Układ regulacji, który spełnia powyższe zależności, pokazano na rys. 1.

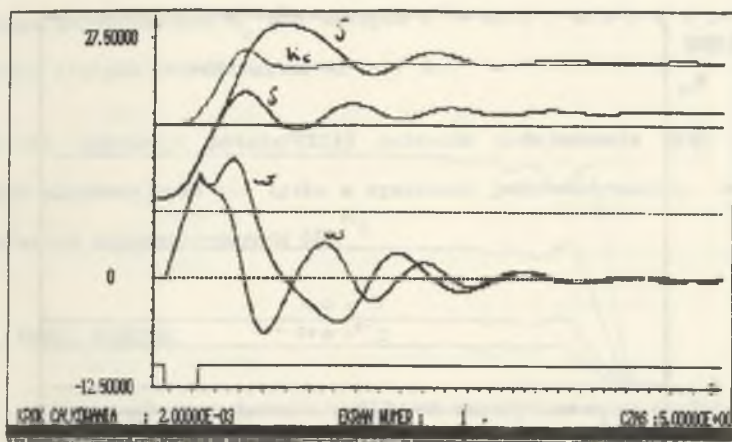


Rys. 1. Model adaptacyjny układu sterowania

Fig. 1. Adaptive control model

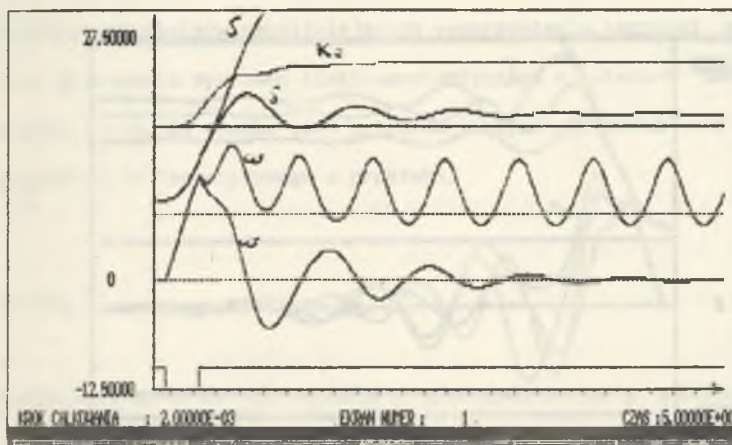
3. WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH

Zaproponowany algorytm sterowania zweryfikowano na modelu systemu elektroenergetycznego [3,5,6] połączonego z siecią sztywną. Na rys. 2 i 3 pokazano przebiegi przejściowe w czasie działania klasycznego układu regulacji prędkości obrotowej turbiny oraz gdy stosowana jest regulacja adaptacyjna. Stan nieustalony w systemie wystąpił po trwającym 0.4 s stanie ustalonym i spowodowany był zwarciem trwającym 0.4 s, po którym założono udane SPZ. Rejestrowano zmiany kąta δ oraz odchylenia prędkości od prędkości synchronicznej



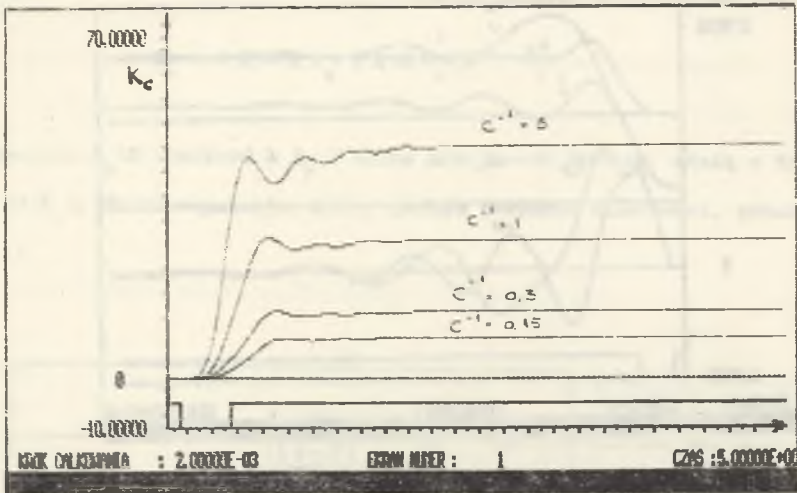
Rys. 2. Porównanie przebiegów przejściowych układu regulacji z adaptacją oraz bez ($c^{-1} = 1$, $T^{-1} = 2$, $K / T = 4$, $t_{zw} = 0.3$ s)

Fig. 2. Comparison of transient response for the control model with & without adaptive control ($c^{-1} = 1$, $T^{-1} = 2$, $K / T = 4$, $t_{zw} = 0.3$ s)



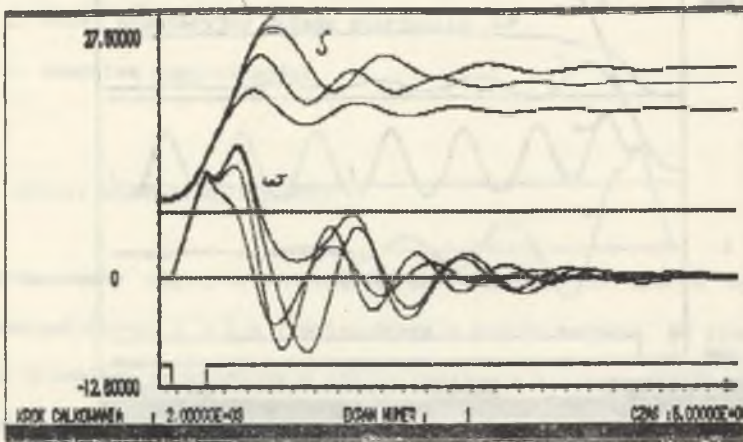
Rys. 3. Porównanie przebiegów przejściowych układów regulacji z adaptacją oraz bez ($c^{-1} = 3$, $T^{-1} = 20$, $K / T = 4$, $t_{zw} = 0.4$ s)

Fig. 3. Comparison of transient response for the control model with & without adaptive control ($c^{-1} = 3$, $T^{-1} = 20$ s, $K / T = 4$, $t_{zw} = 0.4$ s)



Rys. 4. Dynamiczne przebiegi współczynnika wzmocnienia K_c przy zmianach stałej c ($c^{-1} = 3; 1; 0.3; 0.15$)

Fig. 4. Dynamic response of adaptive gain K_c to coefficient c changes ($c^{-1} = 3; 1; 0.3; 0.15$)



Rys. 5. Wpływ parametru c na przebiegi przejściowe ($c^{-1} = 3; 1; 0.3; 0.15$)

Fig. 5. Transient trajectories for different coefficient c ($c^{-1} = 3; 1; 0.3; 0.15$)

w czasie 5 s. Na rys. 4 zarejestrowano zmiany w czasie 5 s dynamicznie regulowanego współczynnika K_c dla stałych $c^{-1} = 0.15 ; 0.3 ; 1$ i 3 . Trajektorie dla tych stałych przedstawiono na rys. 5.

Wyniki symulacji potwierdziły celowość podejmowania prób wprowadzenia układów adaptacyjnych nie tylko w systemach jednomaszynowych, ale również w systemach wielomaszynowych [6].

4. UWAGI KOŃCOWE

W artykule omówiono jeden z możliwych algorytmów adaptacyjnego sterowania mocą turbiny generatora. Funkcjonalna adaptacja została opracowana na podstawie badania stabilności systemu elektroenergetycznego. Wykorzystanie zaproponowanego kryterium daje metodę, która zapewnia stabilność systemu, pomimo niebezpieczeństwa utraty optymalnego przebiegu przejściowego. Nic nie ujmując zaletom wielu wcześniej proponowanym metodom, należy przypuszczać, iż zaprezentowana metoda w proponowanej postaci znajdzie zastosowanie w nowej grupie algorytmów umożliwiających wykorzystanie techniki mikroprocesorowej do sterowania systemem elektroenergetycznym w stanach zakłóceń. Warto podkreślić, że wynika stąd potrzeba kontynuacji badań nad powiązaniem nowego podejścia teoretycznego z praktyką.

LITERATURA

- [1] Kocjakin A.A. i in.: Kolebania w cyfrowych awtomatycznych systemach. Izd. Nauka, Moskwa 1983.
- [2] Saradis J.: Samoorganizujuszczije stochasticzeskije sistemy uprawlenija. Izd. Nauka, Moskwa 1980.
- [3] Bartoń Z., Lawera E.: Analiza stabilności systemu elektroenergetycznego

metodą Lapunowa z uwzględnieniem sterowania prędkością obrotową turbiny.

Materiały 3 Międzynarodowej Konf. Naukowej nt. Aktualne problemy automatyki w energetyce, Gliwice 1979.

- [4] Parks P.S.: Lyapunov redesign of model reference adaptative control systems. IEEE Trans. Automatic Control, AC - 11, 1966,
- [5] Bogucki A., Bartoń Z., Paluchiewicz B.: Adaptiwnoje uprawnienije moszcznostju turbiny w awaryjnych uslowjach. .I - Międzynarodowa Konf. EF S.V.T.S., Bratislava 1988.
- [6] Bogucki A., Bartoń Z.: Samoorganizujuszczaja sistema uprawnienija na osnowie issledowanija ustojczivosti. III. Międzynarodowa Konf. Energia, Varna 1988.

Recenzent: prof.dr hab.inż. Jerzy Wróblewski

Wpłynęło do redakcji dnia 6 stycznia 1992 r.

ON THE POSSIBILITY OF INCREASE OF A GOVERNOR CONTROL INFLUENCE ON TRANSIENT STABILITY OF POWER SYSTEMS

A b s t r a c t

The topic of this paper deals with a method of optimizing the transient performance of multimachine power system. Recently considerable attention has been given to the development of feasible control strategies, to operate the available control means in order to drive the system from an emergency operating state into a region about its post-fault equilibrium.

The approach is based on the local adaptive control. The concept of generalized minimum variance control has been extended to minimize a combination of the variances of control and output.

The emphasis of this work is on damping the serve oscillations after large

disturbances as well as improving the dynamic characteristics under small disturbances.

The feasibility and effectiveness of the proposed strategy are tested in a 1 - machine system by computer simulation.