ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1974

Seria: Górnictwo z. 61 Nr kol. 406

Jacek Kwaśniewski
Stanisław Frączek

WPŁYW KOREKTORÓW SZEREGOWYCH UAR NA POPRAWĘ PARAMETRÓW JAKOŚCI REGULACJI MASZYNY WYCIĄGOWEJ W UKŁADZIE LEONARDA

Streszczenie. W pracy przedstawiono obliczenia parametrów jakości regulacji dla kopalnianej maszyny wyciągowej w zamkniętym układzie Leonarda. Na podstawie obliczeń dokonanych na EMC ODRA-1204 dobrano korektory szeregowe UAR i ich parametry, po czym ponownie zbadano parametry automatycznej regulacji oraz przeprowadzono krótką analizę wyników dla obydwu przypadków.

1. Wprowadzenie

Napędy sterowane za pomocą zamkniętych układów regulacji są na ogół mało stabilne, szczególnie zaś napędy dużych mocy mogą pracować z dużym błędem dynamicznym. Pochodzi to stąd, że układy te posiadają znaczne stałe czasowe elektromechaniczne oraz magnetyczne jak również znaczne współczynniki wzmocnienia, na skutek czego nawet małe opóźnienia czasowe pomiędzy poszczególnymi przebiegami powodują przepływ bardzo dużych mocy w układzie. Przy niedostatecznym tłumieniu powoduje to niestabilną pracę układu, co ujawnia się w postaci oscylacji prędkości silnika wyciągowego lub gwałtownego rozpędzania się silnika.

Ustabilizowanie układu polega przede wszystkim na stworzeniu warunków, przy których wystąpi przesunięcie fazowe oraz zmniejszenie amplitudy impulsu przechodzącego przez sprzężenie zwrotne.

W tym celu stosuje się układy korekcyjne, które nie tylko powiększają stabilność układu, lecz również poprawiają charakterystyki napędu, tak że układ w stanie przejściowym jak i ustalonym spełnia nałożone mu warunki. Takimi warunkami mogą być:

- czas regulacji,
- wartość przeregulowania,
- ilość oscylacji,
- dobroć układu itp.

Układy te wykonuje się ze wzmacniaczy operacyjnych zawierających elementy RC.

W Instytucie Elektryfikacji i Automatyzacji Górnictwa przeprowadzono analizę układu zamkniętej regulacji maszyny wyciągowej składającej się z prądnicy sterującej typu P 1500/10/250 i silnika wyciągowego P 4100/24/550 zaprojektowanej w Głównym Biurze Studiów i Projektów Górniczych w Gliwicach.

Zbadano jej stabilność najpierw bez korektorów, a następnie dobrano odpowiednie korektory. W przeprowadzaniu analizy układu wykorzystano znane metody dla badania stabilności układów liniowych, posługując się w przeprowadzaniu żmudnych obliczeń maszyną cyfrową ODRA-1204.

2. Schemat blokowy układu Leonarda. Wybór miejsc zastosowań ujemnych sprzężeń zwrotnych

Opierając się na podanym układzie możemy narysować schemat blokowy układu Leonarda. Gdzie:

WT - wzbudnica tyrystorowa o transmitancji

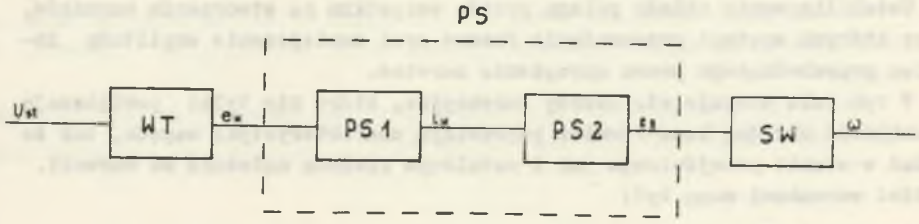
$$G_{WT}(p) = k_{WT} = \frac{e_W(p)}{U_{st}(p)} \tag{2.1}$$

PS - prądnica sterująca o transmitancji

$$G_G(p) = \frac{k_g}{R_W(1 + pT_W)} \tag{2.2}$$

SW - silnik wyciągowy o transmitancji

$$G_M(p) = \frac{1}{k_e(1 + p^T_{em})} \tag{2.3}$$



Rys. 1. Schemat blokowy rozpatrywanego układu

Wzbudnicę tyrystorową traktujemy jako człon proporcjonalny, natomiast przy wyprowadzaniu transmitancji silnika wyciągowego przyjmujemy pewne uproszczenia, które pozwalają nam traktować maszynę wyciągową jako człon inercyjny.

Sprzężeniami zwrotnymi obejmujemy człony o znacznych stałych czasowych a więc silnik wyciągowy oraz prądnicę sterującą. Tym samym określamy jednoczenie parametry, które poddajemy korekcji. Są to:

- prędkość obrotowa,
- prąd wzbudzenia prądnicy sterującej.

W celu wyprowadzenia sprzężenia zwrotnego prądu wzbudzenia prądnicę sterującą przedstawiamy w postaci dwóch członów o transmitancjach:

$$G_{G1}(p) = \frac{1}{R_W(1 + pT_W)} \tag{2.4}$$

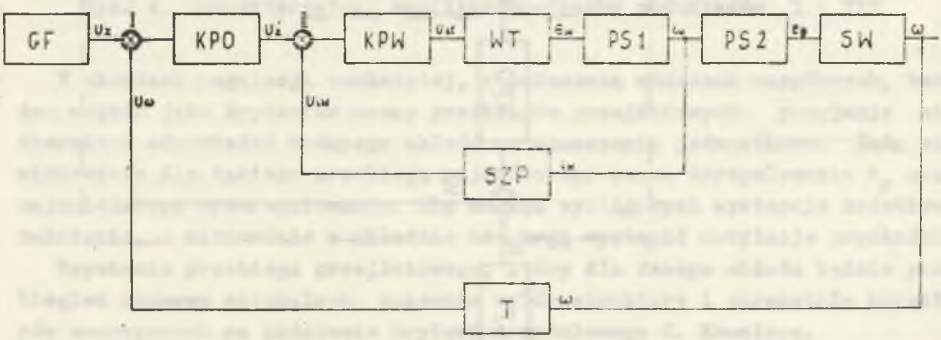
$$G_{G2}(p) = k_g$$

co jest dozwolone ponieważ człony te są połączone szeregowo.

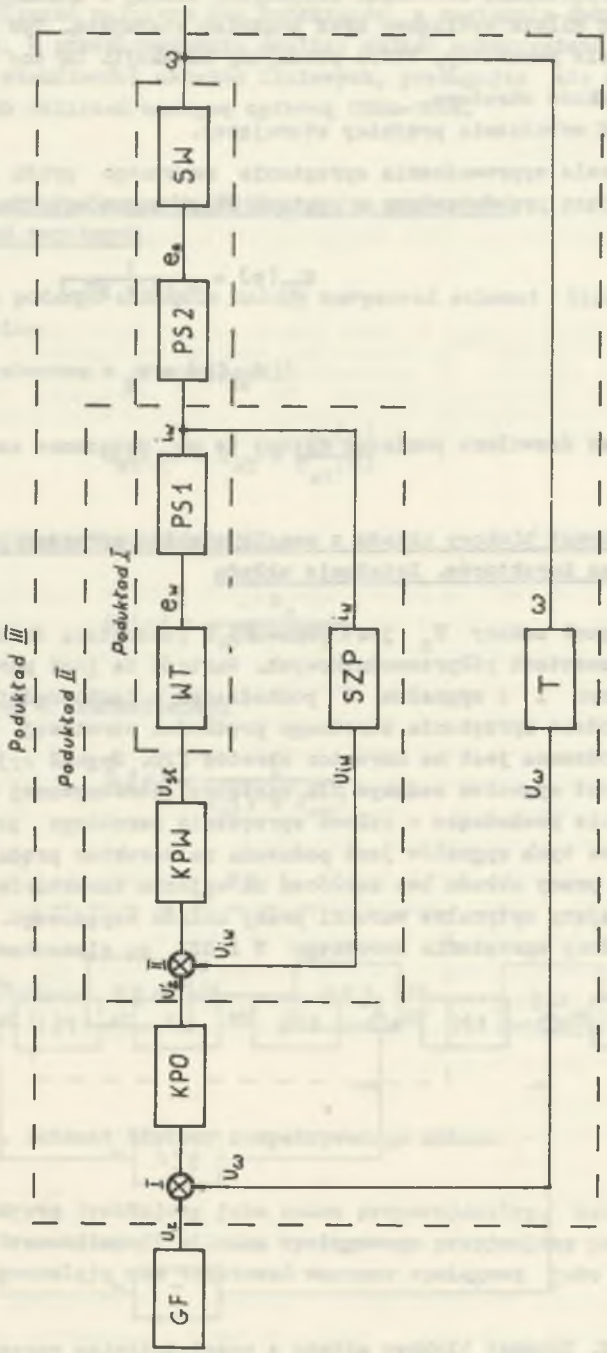
3. Schemat blokowy układu z uwzględnieniem sprzężeń zwrotnych oraz korektorów. Działanie układu

Sygnał zadany U_z jest podawany z generatora funkcji GF zbudowanego na elementach półprzewodnikowych. Wartość ta jest porównywana w węźle sumacyjnym I z sygnałem U pochodzącym z tachoprądnicy T znajdującej się w obwodzie sprzężenia zwrotnego prędkości obrotowej. Różnica tych sygnałów podawana jest na korektor obrotów KPO. Sygnał wyjściowy z korektora KPO jest sygnałem zadanym dla następnej porównywanej wielkości, którą jest napięcie pochodzące z członu sprzężenia zwrotnego prądu wzbudzenia SZP. Różnica tych sygnałów jest podawana na korektor prądu wzbudzenia KPW. W wypadku pracy układu bez zakłóceń na wyjściu korektorów występuje sygnał zapewniający optymalne warunki pracy układu napędowego.

Człony sprzężenia zwrotnego T i SZP są elementami proporcjonalnymi.



Rys. 2. Schemat blokowy układu z uwzględnieniem sprzężeń zwrotnych i korektorów



Rys. 3. Podział na podukłady ogólnego schematu blokowego

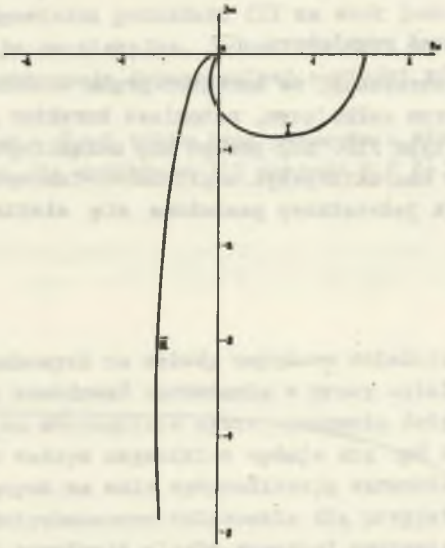
4. Badania stabilności układu. Dobór korektorów oraz parametrów. Analiza wyników obliczeń

Wszystkie obliczenia zostały dokonane dla prądnicy sterującej typu P 1500/10/250 oraz silnika wyciągowego typu P 4100/24/550, natomiast dane ogólne zostały udostępnione przez Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych w Gliwicach.

W celu przejrzystości przeprowadzanych obliczeń układ z rys. 2 dzielimy na podukłady (rys. 3) i kolejno przeprowadzamy rozważania dla poszczególnych części.

Układ wyjściowy czyli podukład I okazał się układem stabilnym, wobec czego zachodzi jedynie potrzeba poprawy jakości regulacji, a następnie zbadanie stabilności podukładu III.

Charakterystyki amplitudowo-fazowe podukładów I i III przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Charakterystyki amplitudowo-fazowe podukładów I i III

W układach regulacji zamkniętej, a zwłaszcza układach napędowych, bardzo często jako kryterium oceny przebiegów przejściowych przyjmuje się charakter odpowiedzi badanego układu na wymuszenie jednostkowe. Żąda się mianowicie dla takiego przebiegu najkrótszego czasu doregulowania t_r oraz najmniejszego przeregulowania. Dla maszyn wyciągowych występuje dodatkowe założenie, a mianowicie w układzie nie mogą wystąpić oscylacje prędkości.

Uzyskanie przebiegu przejściowego, który dla danego układu będzie przebiegiem czasowo optymalnym, zapewnia wybór struktury i parametrów korektorów szeregowych na podstawie kryterium modułowego C. Kesslera.

Niech będzie dany obiekt regulacji, którego transmitancja $G(p)$ ma następującą postać:

$$G(p) = \frac{1}{b_o + b_1 p + b_2 p^2 + \dots b_n p^n}, \tag{4.1}$$

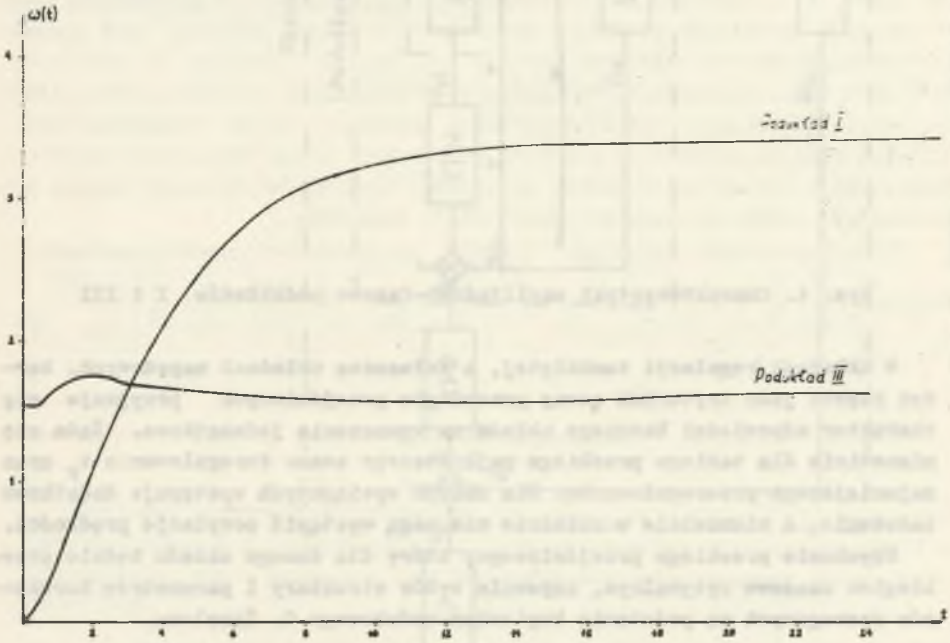
przy czym $b_o = 0$.

Regulator, którego struktury i parametrów szukamy, posiada transmitancję $G_r(p)$, zapisaną w postaci ogólnej

$$G_r(p) = \frac{a_o + a_1 p + a_2 p^2 \dots + a_k p^k}{2\,p} \tag{4.2}$$

gdzie: $a = 0$, k - rząd regulatora.

W wyniku obliczeń otrzymano, że korektor prądu wzbudzenia prądnicy sterującej jest regulatorem całkującym, natomiast korektor prędkości obrotowej jest regulatorem typu PID. Aby pozbyć się uciążliwych i skomplikowanych obliczeń zarówno charakterystyk amplitudowo-fazowych jak i odpowiedzi podukładów na skok jednostkowy posłużono się elektroniczną maszyną cyfrową ODRA-1204.



Rys. 5. Odpowiedzi podukładów I i III na skok jednostkowy

Jak wynika z rys. 4 stabilność układu końcowego uległa pewnemu pogorszeniu. Zapas stabilności według modułu został zachowany i wynosi 100%, natomiast zapas stabilności według fazy zmalał z początkowych $119^{o}5$ do $65^{o}45$. Pomimo tego zachowany został jeszcze dostateczny margines, jako że minimalny zapas stabilności według fazy dla maszyn wyciągowych wynosi 35°.

Odpowiedzi podukładów I i III na skok jednostkowy przedstawia rys. 5. Różnice w przebiegach są widoczne i dla ich udokumentowania obliczono całkowy wskaźnik jakości regulacji określany wzorem:

$$F = \int_{0}^{\infty} \left[\omega(t) - \omega(\infty)\right]^{2} dt$$

Dla naszego przypadku wskaźnik ten zmalał ponad 10-krotnie i wyniósł 2,48 wobec pierwotnych 26,7.

Na wykresie odpowiedzi podukładu III na skok jednostkowy można zauważyć pewne tendencje oscylacyjne, jednak wartości maksymalna i minimalna przebiegu nie przekraczają dopuszczalnej wartości równej 5% wartości ustalonej.

Znacznej poprawie uległ także inny parametr a mianowicie czas doregulowania. Osiągnął on dla podukładu III wartość 0,6 (s) wobec 11,4 (s) dla podukładu I.

5. Wnioski

W warunkach ruchowych na układy napędowe działają często różne zakłócenia, które mogą powodować zachwiania w pracy ustalonej maszyn napędowych. Ze względu na szczególnie ostre wymagania dotyczące pracy maszyny wyciągowej bardzo ważnym czynnikiem wydaje się być dobór odpowiednich korektorów UAR mających na celu optymalizację warunków pracy.

Jak wykazały dotychczasowe obliczenia dla przyjętego układu wszystkie parametry jakości regulacji uległy znacznej poprawie, w zwłaszcza czas regulacji, który ma podstawowe znaczenie dla optymalizacji prędkości.

Układ ustala swą prędkość bardzo szybko,co przy znacznych głębokościach szybów daje pokaźne oszczędności czasowe. Można więc sądzić, że dobór odpowiednich korektorów UAR wpływa korzystnie na przebieg pracy układu napędowego, a tym samym pozwala poprawić ekonomiczne wskaźniki eksploatacji maszyny wyciągowej.

LITERATURA

[1] Nowacki P., Szklarski L., Górecki H.: Podstawy teorii regulacji automatycznej. Tom I. Układy liniowe, PWN Warszawa 1970.

[2] Paszkowski S.: Język ALGOL-60. Wyd. IV. PWN Warszawa 1971.

[3] Szparkowski Z.: Zarys teorii regulacji układów liniowych, PWN Warszawa 1960.

[4] Szklarski L., praca zbiorowa: Napędy elektryczne maszyn wyciągowych. Wyd. II. PWN Warszawa, Kraków 1966.

ВЛИЯНИЕ РЯДОВЫХ КОРРЕКТОРОВ НА УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛЯЦИИ ПОДЪЁМНОЙ МАШИНЫ В СИСТЕМЕ ГЕНЕРАТОР-ДВИГАТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р е з ю м е

Статья представляет анализ качества регуляции подъёмной машины, работающей в системе без корректоров и с рядовыми корректорами.

EFFECT OF SERIES REGULATORS ON IMPROVEMENT OF CONTROL PERFORMANCE OF THE WINDER WITH WARD-LEONARD DRIVING SYSTEM

S u m m a r y

This article describes the analysis of the control performance of the winder working in the driving system without series regulators and with them.