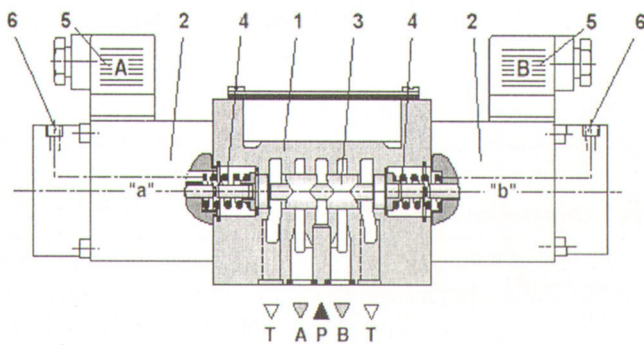


Modelowanie rozdzielacza proporcjonalnego

Wprowadzenie

Podczas prac związanych z budową hydraulicznego układu kompensacji ukosowania suwnicy pomostowej poszukiwano elementu wykonawczego sterowanego bezstopniowo za pomocą sygnałów elektrycznych. Element miał sterować zarówno przepływem, jak i jego kierunkiem, jednocześnie nie wprowadzając wzrostów ciśnienia. Ważne było też by przebieg sterowania mógł być kontrolowany w każdej chwili pracy układu. Warunki takie spełniają hydrauliczne elementy proporcjonalne. Zdecydowano się na użycie czterodrogowego rozdzielacza proporcjonalnego, mającego cechy umożliwiające zastosowanie go w omawianym układzie. Schemat rozdzielacza proporcjonalnego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat rozdzielacza proporcjonalnego 4WRA 6: 1 - korpus, 2 - elektromagnesy proporcjonalne A i B, 3 - suwak, 4 - sprężyny, 5 - złącza elektryczne elektromagnesów A i B, 6 - pokrywy

Jeżeli elektromagnes nie są wzbudzone, to sprężyny powrotne 4 utrzymują suwak w położeniu środkowym, natomiast gdy następuje wzbudzenie elektromagnesu „A”, to zachodzi przesunięcie suwaka w prawo i otwarcie połączenia P→B oraz A→T. Im większy będzie sygnał sterujący elektromagnesem, tym dalej przesunie się w prawo suwak rozdzielacza. Każdy element proporcjonalny jest wyposażony we wzmacniacz (lub wzmacniacze), który ma za zadanie zamienić sygnał napięciowy na proporcjonalny sygnał prądowy (0 – 1200 mA). Najczęściej są to wzmacniacze o budowie panelowej, zawierające takie zespoły elektroniczne, jak: stabilizator napięcia, generator przebiegów liniowych, generator funkcji, elementy zadające, przekładniki wartości zadanych, impulsowany stopień końcowy.

W badanym układzie zastosowano wzmacniacz typu VT-VSPA2-1-1X/T1. Sterowanie rozdzielaczem odbywa się przez stację akwizycji danych 500A, z wykorzystaniem karty AOM1. Sygnały na jeden z elektromagnesów są wypracowywane przez komputer pokładowy w czasie rzeczywistym na podstawie chwilowej wartości ukosowania, uzyskanej z układu pomiarowego.

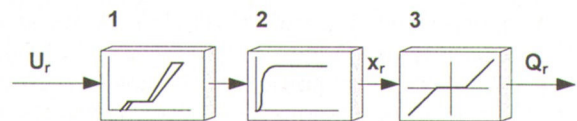
Model rozdzielacza proporcjonalnego

Rozdzielacz proporcjonalny opisano na podstawie schematu przedstawionego na rys. 2. Sygnałem sterującym jest napięcie U_r , podawane na wzmacniacz elektromagnesu. Blok 1 repre-

zentuje charakterystykę statyczną układu wzmacniacz – suwak rozdzielacza, natomiast blok 2 modeluje charakterystykę dynamiczną przetwornika napięciowo-prądowego (wzmacniacza elektromagnesu) i suwaka. Blok 2 opisano jako człon inercyjny II rzędu:

$$T_1 \cdot T_2 \cdot \frac{d^2 x_r}{dt^2} + (T_1 + T_2) \cdot \frac{dx_r}{dt} + x_r = k_{xr} \cdot U_r \quad (1)$$

gdzie: k_{xr} - współczynnik wzmocnienia określony charakterystyką statyczną układu wzmacniacz-suwak, T_1, T_2 stałe czasowe

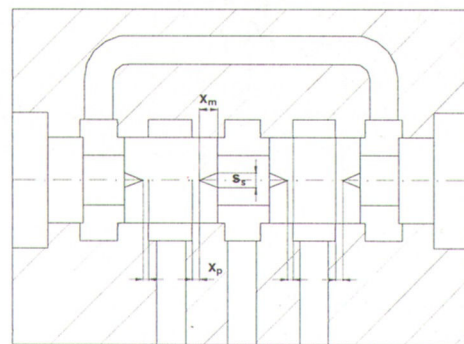


Rys. 2. Model rozdzielacza proporcjonalnego

Blok 3 to szczelina rozdzielacza proporcjonalnego determinująca zależność pomiędzy przemieszczeniem suwaka rozdzielacza x_r , a przepływem przez rozdzielacz Q_r . Blok ten opisano równaniem przepływu przez szczelinę o przekroju trójkątnym.

$$Q_r = 4 \cdot \frac{1}{2} s_s \cdot \frac{(x_r - x_p)^2}{x_m} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot \zeta}} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (2)$$

Parametry określono na podstawie geometrii suwaka i korpusu rozdzielacza przedstawionej na rys. 3.



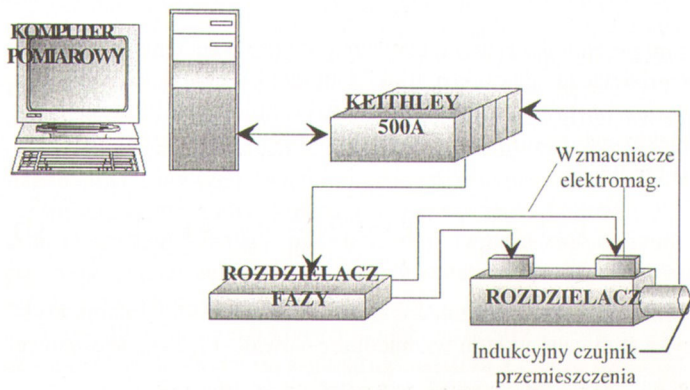
Rys. 3. Geometria rozdzielacza proporcjonalnego 4WRA6: x_m - maksymalne przesunięcie suwaka rozdzielacza, x_p - przesunięcie względem siebie krawędzi suwaka i obudowy, s_s - maksymalna szerokość szczeliny, ρ - gęstość oleju, U_r - napięcie sterujące zespołem wzmacniacz-rozdzielacz

Stanowisko badawcze

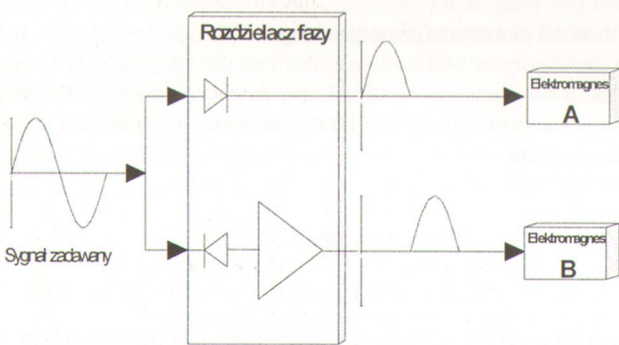
Do określenia charakterystyk i weryfikacji modelu układu wzmacniacz-suwak rozdzielacza zbudowano stanowisko badawcze (rys. 4). Układ składa się z komputera klasy IBM PC, sterującego przez stację akwizycji danych K500 pracą elektromagnesów przesyłając z karty AOM1 sygnał napięciowy U_r , który po rozdzieleniu na rozdzielaczu fazy jest przekazywany na zaciski elektromagnesów. Jednocześnie są rejestrowane przebiegi przemieszczenia suwaka x_r oraz sygnału sterującego U_r . Czas próbkowania określono na 0,005 s, aby zminimalizować wpływ nałożonej fali o częstotliwości 200 Hz. Ze względu

Dr inż. Andrzej Kosucki pracuje w Instytucie Konstrukcji Maszyn Politechniki Łódzkiej.

na możliwość zasilania wzmacniaczy napięciem o dodatnim znaku układ wyposażono w rozdzielacz fazy. Zasada działania rozdzielacza fazy na przykładzie fali sinusoidalnej pokazano na rys. 5.



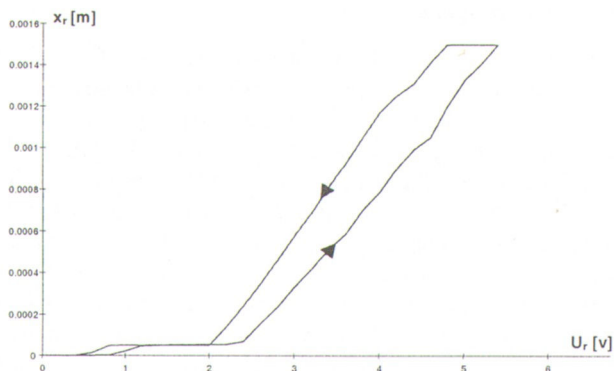
Rys. 4. Schemat układu do badania zespołu wzmacniacz – suwak



Rys. 5. Zasada działania rozdzielacza fazy

Charakterystyki rozdzielacza

W początkowej fazie prac wyznaczono charakterystykę statyczną dla układu wzmacniacz–suwak. Uśrednione wyniki przedstawiono na rys. 6.

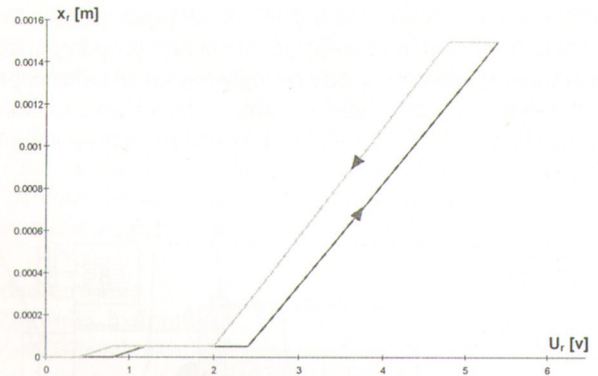


Rys. 6. Charakterystyka statyczna układu wzmacniacz – suwak; badania eksperymentalne

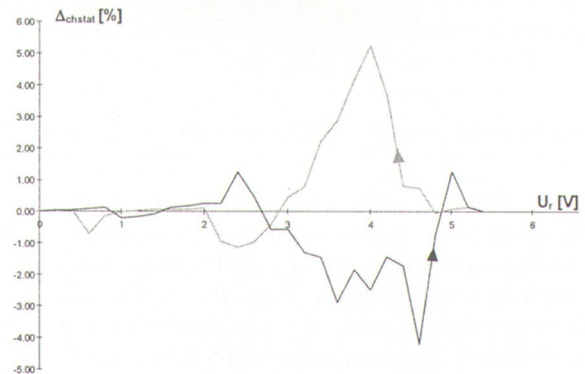
Charakterystykę opisano równaniami prostych aproksymujących jej poszczególne odcinki. Ze względu na istniejącą histerzę opis układu dla narastania sygnału U_r jest inny niż dla sygnału malejącego. Charakterystykę statyczną układu przedstawiono na rys. 7. Różnice pomiędzy charakterystyką rzeczywistą

ta a modelem pokazano na rys. 8. Wartości uchybów liczone w odniesieniu do uśrednionych wartości wielkości mierzonych. Miało to na celu zmniejszenie wpływu błędów przypadkowych. Obliczeń dokonano dla $n = 5$ serii pomiarowych. Wartości uchybów liczone w oparciu o następującą zależność:

$$\Delta_{\text{chstat}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{irz} - x_{i \text{ mod}}}{x_{rz \text{ max}} - x_{rz \text{ min}}} \cdot 100\%$$

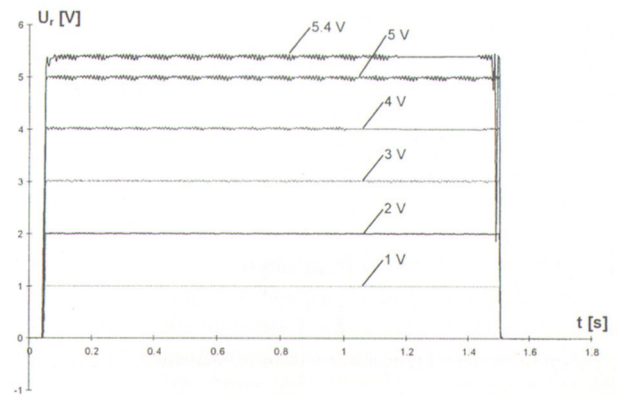


Rys. 7. Charakterystyka statyczna układu wzmacniacz - suwak. Model

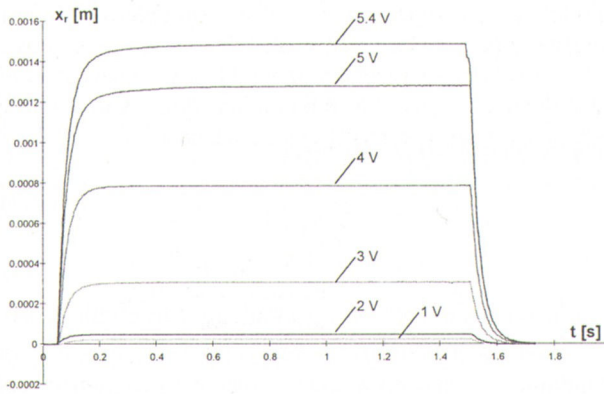


Rys. 8. Charakterystyka statyczna układu wzmacniacz – suwak; uchyb Δ_{chstat}

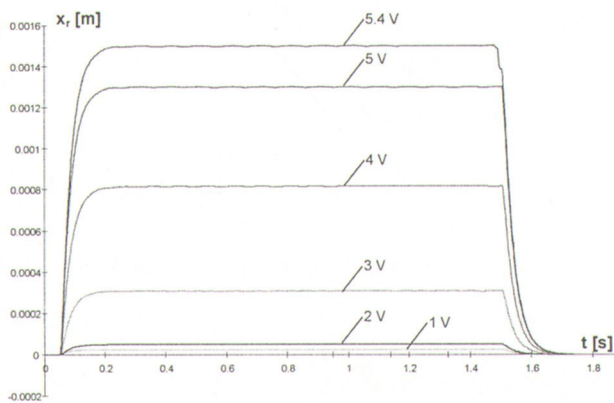
Maksymalne różnice wynoszą przy narastaniu U_r $\Delta_{\text{chstat}} = 4,21\%$ przy zmniejszaniu U_r $\Delta_{\text{chstat}} = 5,23\%$; natomiast średni uchyb Δ_{chstat} nie przekracza 1%



Rys. 9. Przebiegi funkcji wymuszających dla różnych poziomów napięcia U_r .

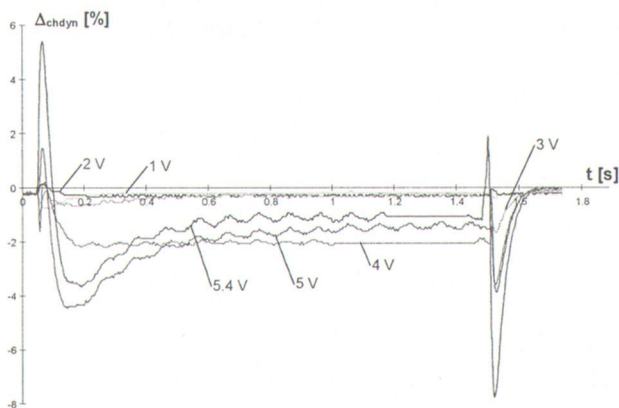


Rys. 10. Charakterystyka dynamiczna układu wzmacniacz – suwak; badania eksperymentalne



Rys. 11. Charakterystyka statyczna układu wzmacniacz – suwak; model

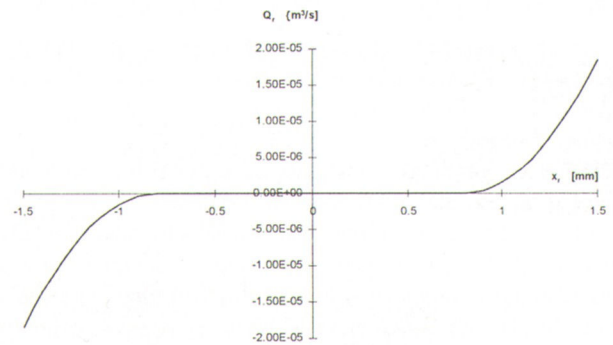
Aby opisać dynamikę układu wzmacniacz–suwak zbadano odpowiedź układu na wymuszenie skokowe, przy czym ze względu na nieliniową charakterystykę przyjęto różne ustalone poziomy napięcia zasilającego U_r , jak na rys. 9. Pozwoliło to na zbadanie całego zakresu pracy układu. Na rysunku 10 przedstawiono przykładowe przebiegi eksperymentalne odpowiedzi układu rzeczywistego na wymuszenia skokowe opisane wcześniej. Przykładową odpowiedź modelu na wymuszenie skokowe pokazano na rys. 11, natomiast uchyb modelu na rys. 12.



Rys. 12. Charakterystyka statyczna układu wzmacniacz suwak; Uchyb Δ_{chdyn}

Maksymalne różnice Δ_{chdyn} nie przekraczają 8 %, natomiast średni uchyb Δ_{chdyn} nie przekracza 2%, co można uznać za

wynik zadowalający. Dla danego spadku ciśnienia p określono jego charakterystykę (rys. 13).



Rys. 13. Charakterystyka statyczna rozdzielacza proporcjonalnego

Podsumowanie

Na podstawie wykonanych badań oraz porównania przebiegów eksperymentalnych i symulacyjnych rozdzielacza można sformułować wniosek, że zgodność przebiegów symulacyjnych z eksperymentalnymi jest dobra. Przyjęto, że zaproponowany model dynamiczny w zadowalający sposób odwzorowuje układ rzeczywisty i można go wykorzystać w dalszych badaniach symulacyjnych.

LITERATURA

- [1] Cink J., Tomeczyk J., Wolski T.: *Hydrostatyczne układy napędowe maszyn roboczych*. Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 1993.
- [2] Gierulski W., Wójcik S.: *Modelowanie stanów pośrednich rozdzielaczy hydraulicznych*. Sterowanie i Napęd Hydrauliczny nr 6/1989.
- [3] Kosucki A., Malenta P.: *Analiza parametryczna układu sterowania hydrostatycznym napędem jazdy suwnicy pomostowej*. IX Konferencja problemy rozwoju maszyn roboczych, Zakopane 1996.
- [4] Malenta P., Kosucki A., Tomeczyk J.: *Zastosowanie stacji akwizycji danych Keithley w pracach badawczych*. IV Konferencja maszyn włókienniczych i dźwigowych, Bielsko-Biała 1993.
- [5] Schmitt A.: *Vademecum hydrauliki*. Rexroth, 1988.
- [6] Kosucki A.: *Badania kompensacji ukosowania suwnicy z hydrostatycznym napędem mechanizmu jazdy*. Politechnika Łódzka, Łódź 1998 (praca doktorska).

Giełda wynalazków

W drugiej połowie marca br. w Muzeum Techniki NOT w Warszawie uroczystie otworzono **X Giełdę wynalazków** nagrodzonych w roku 2002 na międzynarodowych wystawach innowacji. Nagrodzeni złotymi medalami 43 autorzy wynalazków otrzymali z rąk prof. Marka Bartosika, sekretarza stanu w Komitecie Badań Naukowych, dyplomy uznania nadane przez ministra nauki. Najliczniejsza grupa uhonorowanych twórców wywodziła się z Wojskowej Akademii Technicznej, następnie z Politechniki Łódzkiej, Instytutu Chemii Przemysłowej i Instytutu Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia”. Wyróżniony został także indywidualny wynalazca z Gdyni – Kazimierz Gawron. Listy gratulacyjne ministra nauki M. Kleibera otrzymali autorzy 13 wynalazków nagrodzonych srebrnymi medalami. W uroczystości uczestniczyło ponad 230 osób, w tym ok. 180 twórców, wyróżnionych medalami.

Minister M. Kleiber, obecny na uroczystości, dobrze ocenił dorobek naukowy i wynalazczy inżynierów i naukowców, podkreślając ich rolę w pracach na rzecz krajowej gospodarki.

Za Biuletynem Informacyjnym NOT