

JERZY TOMCZYK^{1,2}, SŁAWOMIR BEDNARSKI¹, ANDRZEJ KOSUCKI¹

BADANIA SYMULACYJNE I EKSPERYMENTALNE HYDROSTATYCZNEGO MECHANIZMU WYPADU ŻURAWIA CZTEROPRZEGUBOWEGO

Słowa kluczowe: Automatykacja, napęd hydrostatyczny, sterowanie, żuraw.

Streszczenie. W referacie przedstawione będą wyniki badań symulacyjnych hydrostatycznego mechanizmu wypadu żurawia sterowanego rozdzielaczem proporcjonalnym i zasilanego ze stałociśnieniowej sieci hydraulicznej. Dla rozdzielacza proporcjonalnego zamieszczono wyniki badań eksperymentalnych pozwalających określić jego charakterystykę przepływową.

1. WSTĘP

W trakcie prac prowadzonych w Zakładzie Maszyn Roboczych i Napędów Hydraulicznych Politechniki Łódzkiej nad automatyzacją cykli roboczych żurawia portowego opracowano system sterowania mechanizmów wypadu i obrotu, zapewniający dostarczanie transportowanego ładunku do zadanego miejsca z dużą dokładnością, eliminując przy tym jego wahania oraz kompensując zakłócenia spowodowane parciem wiatru. Przeprowadzone badania wykazały możliwość realizacji funkcji sterujących przez mechanizmy żurawia zarówno przy zastosowaniu napędu z przetwornicami częstotliwości, jak i napędu hydrostatycznego z zastosowaniem transformatora hydraulicznego dla mechanizmu wypadu [4]. Z uwagi na to, że stosowanie transformatora hydraulicznego do zasilania siłownika mechanizmu wypadu podnosi znacznie koszty napędu, uznano za celowe zbadanie alternatywnego sposobu zasilania siłownika z sieci stałociśnieniowej. Takim sposobem jest zasilanie siłownika za pomocą rozdzielacza proporcjonalnego wyposażonego w układ regulacji prędkości ruchu siłownika. W pierwszym etapie badań zastosowano prosty układ zasilania bez obciążenia strony powrotnej siłownika i skupiono się na możliwości realizacji przez napęd zadanego sygnału sterującego.

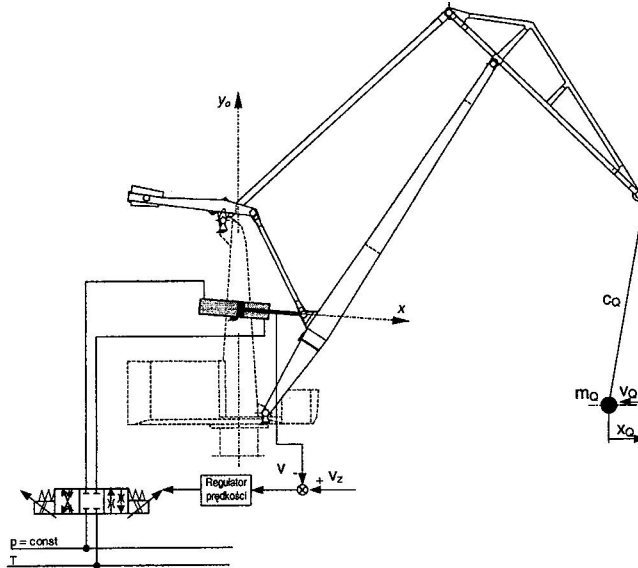
2. MODEL UKŁADU NAPIĘDOWEGO MECHANIZMU WYPADU

Dla przeprowadzenia badań symulacyjnych mechanizmu wypadu z siłownikiem sterowanym rozdzielaczem proporcjonalnym zbudowano jego schemat funkcjonalny i określono parametry elementów napędu. Jako przedmiot badań wybrano żuraw portowy zbudowany przez firmę „Famak” i zainstalowany na nabrzeżu szwedzkim w porcie Gdynia o następujących

¹ Politechnika Łódzka

² OBRDiUT „Detrans” - Bytom

parametrach: udźwign $Q = 160$ kN, maksymalny zasięg żurawia $R_{\max} = 36$ m, minimalny zasięg żurawia $R_{\min} = 11$ m. Schemat układu przedstawiono na rysunku 1.

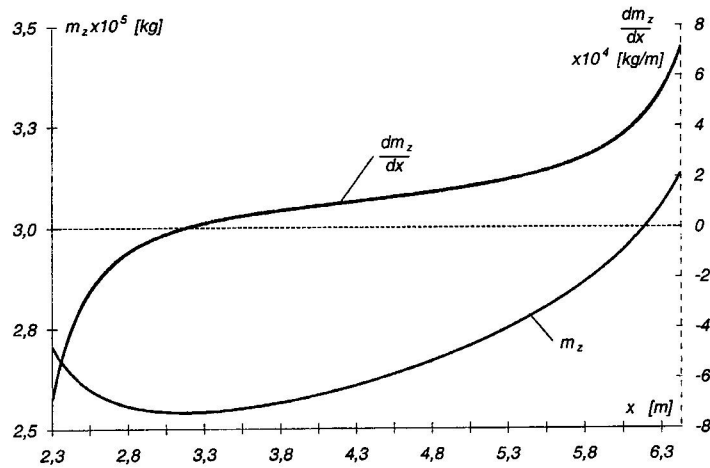


Rys. 1. Schemat mechanizmu wypadu

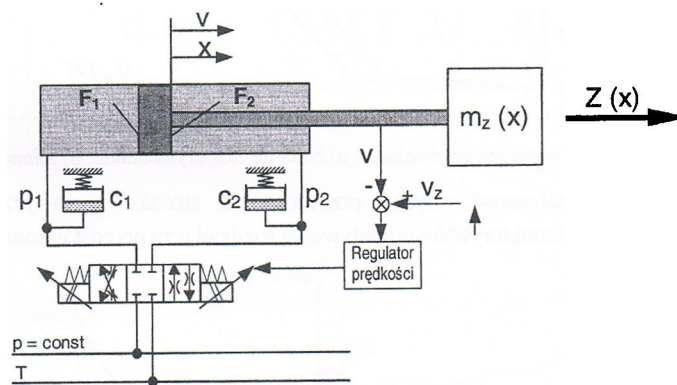
Model teoretyczny mechanizmu wypadu opracowano w oparciu o dotychczasowe prace badawcze, wyniki których prezentowane były w publikacjach [1], [5]. W mechanizmie tym wyodrębniono dwie zasadnicze części – mechaniczną oraz napędową.

Model dynamiczny części mechanicznej opisany został w pracach [4]. Momenty bezwładności wszystkich ruchomych elementów mechanizmu wypadu zredukowano do osi siłownika mechanizmu wypadu. W opisie matematycznym wykorzystano równania ruchu Newtona dla elementów posiadających masy, zasadę redukcji mas i sił oraz zależności kinematyczne. Uwzględniono również zmienną masę zredukowaną m_z przy ruchu mechanizmu wypadu. Przy określaniu zredukowanej masy m_z uwzględniono kierunek przepływu energii. Przebiegi zmian masy zredukowanej i jej pochodnej przedstawiono na rysunku 2.

Siłę Z obciążającą siłownik określono z uwzględnieniem wahań wiotko podwieszono ładunku o masie m_0 . Model dynamiczny części napędowej mechanizmu wykonano w oparciu o badania przeprowadzone wcześniej w Zakładzie MRiNH. Zmiana wysięgu realizowana jest poprzez siłownik dwustronnego działania o powierzchniach czynnych F_1 i F_2 . Ruch układu wypadowego żurawia zamodelowano jako ruch obiektu o masie zredukowanej m_z obciążonego zmienną osiową siłą Z . Aby umożliwić sterowanie prędkością tłoka siłownika układ wyposażono w regulator prędkości typu PID. Na rysunku 3 przedstawiono model dynamiczny części napędowej mechanizmu.



Rys. 2. Przebieg masy zredukowanej m_z i jej pochodnej $\frac{dm_z}{dx}$ w zależności od długości siłownika x

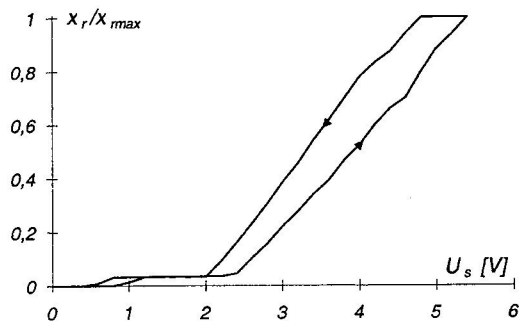


Rys. 3. Model dynamiczny hydrostatycznego mechanizmu wypadu.

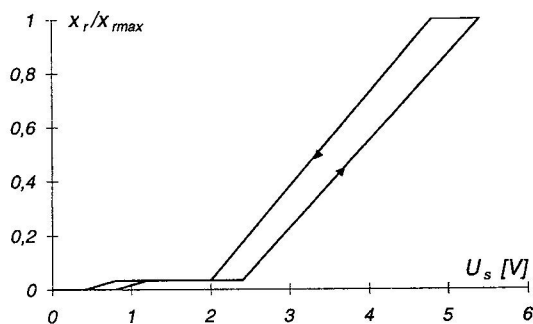
- v, x - prędkość i przemieszczenie tłoka siłownika,
- p_1, p_2 - ciśnienia w komorach siłownika,
- c_1, c_2 - pojemności hydrauliczne linii zasilających siłownik,
- v_z - prędkość zadana tłoka siłownika

Dla rozdzielacza proporcjonalnego wykonano badania eksperymentalne mające na celu określenie jego charakterystyki statycznej. Badania te przeprowadzono rejestrując napięcie sterujące U_s i przemieszczenie suwaka x_r . Tak otrzymaną charakterystykę następnie zlinearyzowano poprzez aproksymację jej poszczególnych odcinków prostymi. Charakterystyki te przedstawiono na rysunku 4a i 4b. Można tu zauważyć znaczącą histerezę, którą uwzględniono również przy opisie matematycznym.

a)

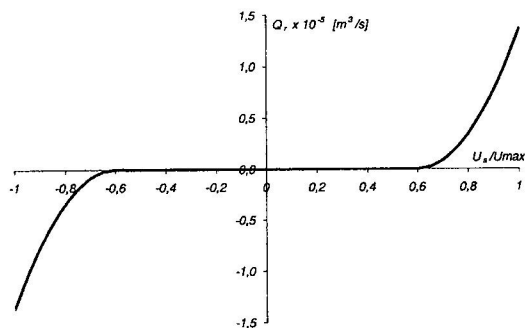


b)



Rys. 4. Charakterystyka statyczna rozdzielacza, a) badania eksperymentalne, b) zlinearyzowany model

Wykorzystując zależność między przesunięciem suwaka x_r , a przepływem przez rozdzielacz określono charakterystykę przepływową rozdzielacza przedstawioną na rysunku 5.



Rys. 5. Charakterystyka przepływowa rozdzielacza

3. BADANIA SYMULACYJNE MECHANIZMU WYPADU

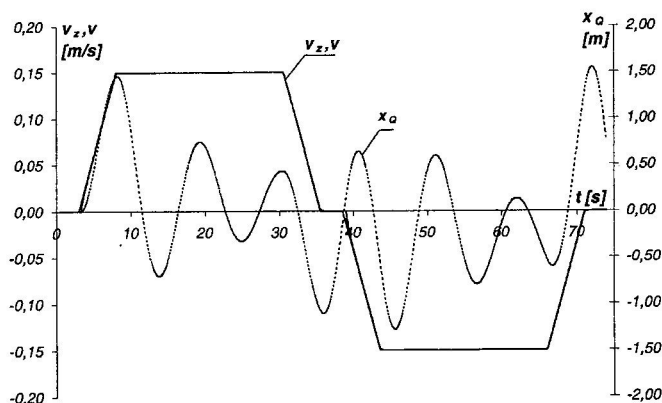
Badania symulacyjne przeprowadzono dla cyklu roboczego składającego się z wysuwu siłownika od położenia minimalnego do maksymalnego i ruchu powrotnego od położenia maksymalnego do minimalnego. Wyniki tych badań przedstawione są na rys.6.

Na rys.6a widoczne jest dobre odwzorowanie zadanej prędkości siłownika przez prędkość jego tłoka. Przebieg prędkości tłoka siłownika v bardzo dobrze odwzorowuje prędkość zdaną v_z .

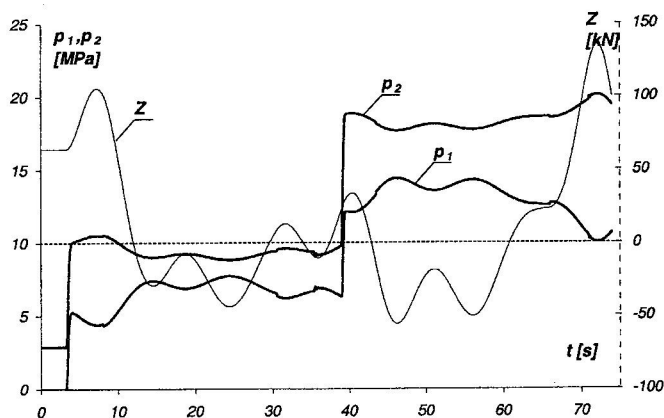
Układ pod względem kinematycznym jest praktycznie niezależny zarówno od charakteru jak i wartości obciążeń siłownika. W czasie realizowanego cyklu roboczego obciążenia te mają zarówno bierny jak i czynny charakter oraz zmieniają swoją wartość co widoczne jest na przebiegu siły Z na tłoczysku siłownika – rys.6b. Na siłę tą wyraźny wpływ mają wahania ładunku x_Q w płaszczyźnie wysięgnika, których przebieg widoczny jest na rys. 6a. Napęd nie jest wyposażony w układ kompensacji wahań ładunku po okresach rozruchu i hamowania mechanizmu wypadu.

Przebiegi ciśnień p_1 i p_2 w komorach siłownika wykazują, że obie komory poddane są znacznym ciśnieniom, których różnica przy uwzględnieniu odpowiednich powierzchni czynnych pozwala na przeniesienie siły Z obciążającej tłoczysko siłownika. Celowe byłoby obniżenie poziomu wartości tych ciśnień z zachowaniem możliwości przeniesienia siły na tłoczysku.

a)



b)



Rys. 6. Badania symulacyjne mechanizmu wypadu.

- a) przebiegi prędkości zadanej v_z , prędkości tłoka siłownika v oraz względnych wahań ładunku x_Q
 b) przebiegi ciśnień w komorach siłownika p_1, p_2 oraz przebieg siły w siłowniku Z

4. PODSUMOWANIE

Zaproponowany, hydrostatyczny układ napędu mechanizmu wypadu żurawia zachęca do dalszych jego badań ze względu na bardzo dobre odwzorowanie prędkości, co ma istotne znaczenie w przypadku wprowadzenia układu kompensacji wahań ładunku w systemie automatycznego lub półautomatycznego sterowania żurawiem. Prostota układu napędowego mechanizmu złożonego z siłownika sterowanego rozdzielaczem proporcjonalnym i zasilanego z sieci stałociśnieniowej sprzyja jego praktycznemu zastosowaniu. Dalsze badania układu powinny być ukierunkowane na dynamikę układu przy zastosowaniu kompensacji wahań ładunku oraz zmniejszenie poziomu ciśnień w poszczególnych komorach siłownika. Istotne jest także zbadanie układu pod względem energetycznym w szczególności możliwości rekuperacji energii kinetycznej i pracy sił zewnętrznych o charakterze czynnym.

5. LITERATURA

- [1] Bednarski S., Cink J., Malenta P., Kilian T.: Model i badania symulacyjne żurawia portowego z hydraulicznym sterowaniem wtórnym. Materiały VIII Konferencji Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych. Zakopane 1995.
- [2] Kosucki A.: Badania kompensacji ukosowania suwnicy z hydrostatycznym napędem mechanizmu jazdy. Praca doktorska. Łódź 1998.
- [3] Pizoń A.: Elektrohydrauliczne analogowe i cyfrowe układy automatyki. WNT, Warszawa 1995.
- [4] Tomczyk J. i inni: „Eliminacja wahań ładunku i pozycjonowanie dźwignic o ruchach obrotowych i wypadowych sterowanych za pomocą mikroprocesorów”. Prace dla Komitetu Badań Naukowych. Łódź, 1999.
- [5] Tomczyk J.: Modele dynamiczne elementów i układów hydrostatycznych. Wydawnictwo Naukowo Techniczne. Warszawa 1999.

Simulation and experimental tests of the hydrostatic slewing mechanism of the jib crane

Summary

In the paper the results of simulation tests of the hydrostatic slewing mechanism controlled by proportional valve and supplied by constant pressure net are presented. The results of experimental test of proportional valve are presented as well. This test helps to determine its flow characteristic.