

Jan GRUDZIECKI, Andrzej KOSUCKI, Piotr MALENTA

Politechnika Łódzka
Instytut Konstrukcji Maszyn

BADANIA EKSPERYMENTALNE RUCHÓW SKOJARZONYCH SUWNICY PRACUJĄCEJ W CYKLU AUTOMATYCZNYM

Słowa kluczowe: automatyzacja, sterowanie, napęd, suwnica

Streszczenie: Artykuł przedstawia wyniki badań eksperymentalnych ruchów skojarzonych mechanizmów jazdy suwnicy pracującej w cyklu automatycznym. Badania przeprowadzono na laboratoryjnej suwnicy, w której mechanizmy jazdy mostu i wózka zaopatrzone zostały w sterowane mikroprocesorowo układy napędowe. Wyniki badań potwierdzają wysoką dokładność dojazdu do zadanego punktu i możliwość wytłumienia wahań ładunku także w cyklu pracy obejmującym kojarzenie ruchów roboczych.

WSTĘP

Prawie powszechnie już dostępne sterowanie maszynami za pomocą mikroprocesorów dało podstawy do opracowania dla dźwignic nowej technologii transportu wiotko podwieszonych ładunków. Technologia ta umożliwia elastyczne programowanie cykli transportowych maszyny dźwigowej, przystosowujące jej pracę do programowanego cyklu produkcyjnego oraz przyjętego układu dróg transportowych.

Współczesne układy sterowania dźwignicami za pomocą mikroprocesorów budowane są w oparciu o niezależne sterowniki dla każdego z mechanizmów, które mogą być zarządzane z jednego sterownika nadrzędnego (tzw. sterownik master). System ten umożliwia niezależną

i skojarzoną pracę poszczególnych mechanizmów. Możliwa staje się dzięki temu praca dźwignicy zarówno w systemie automatycznym jak i półautomatycznym oraz przejście na sterowane ręczne.

Prowadzone badania dotyczące sterowanych programowo mechanizmów jazdy suwnicy [1], [2] wykazały możliwość ustawiania suwnicy na torze z wysoką precyzją. Generowane przez komputer nadrzędny, proporcjonalne do prędkości sygnały sterujące, umożliwiają także wytlumienie wahań ładunku po zakończeniu cyklu pracy.

Zastosowanie systemu automatycznego sterowania wymaga ponadto równoczesnej pracy poszczególnych mechanizmów. Badania symulacyjne dotyczące kojarzenia ruchów jazdy wózka i mostu w cyklu automatycznym [3] potwierdziły celowość stosowania przyjętych rozwiązań układów napędowych. Poniżej przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych, jakie przeprowadzone zostały na zmodernizowanej suwnicy laboratoryjnej w Politechnice Łódzkiej.

STANOWISKO BADAWCZE

Do badań eksperymentalnych skojarzonych ruchów mechanizmów jazdy mostu i wózka wykorzystano rzeczywistą suwnicę pomostową o parametrach przedstawionych poniżej:

udźwig $Q = 50$ [kN], rozpiętość mostu $L = 10$ [m], długość toru w polu pracy

$L_t = 16$ [m], prędkość jazdy mostu $V_m = 34$ [m/min], prędkość jazdy wózka

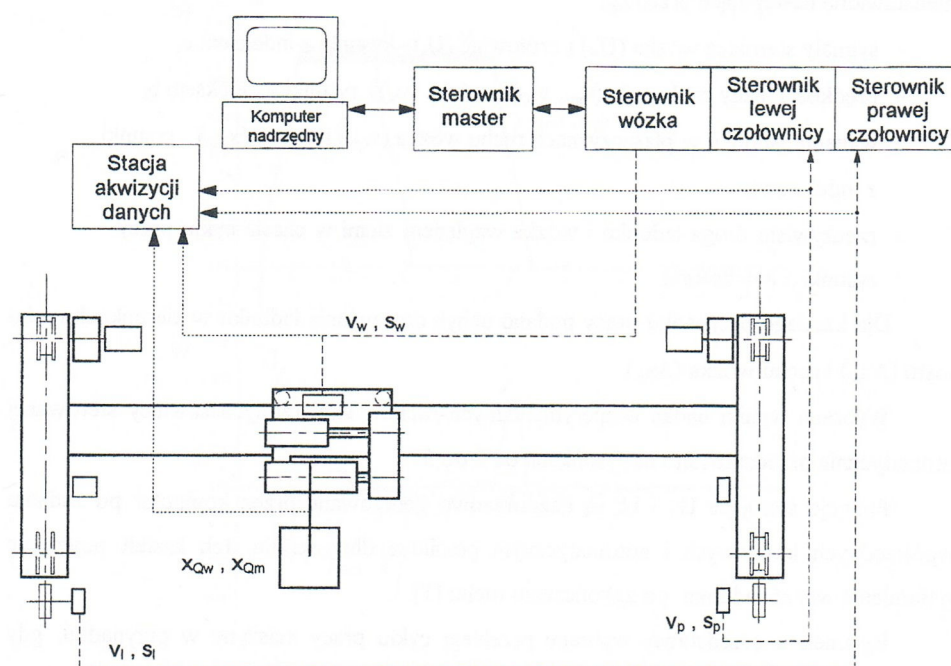
$V_w = 34$ [m/min].

Napędy jazdy zarówno mostu jak i wózka składają się z silników klatkowych zasilanych z przetwornic częstotliwości. Silniki posiadają wbudowane hamulce i wraz z przekładniami zębatymi zawieszono je na wałach kół napędzających. Sterowanie ruchami mechanizmów odbywa się poprzez sterowanie falownikami. Zastosowany układ zapewnia sterowanie prędkością oraz przemieszczeniem obu czołownic i wózka w sposób ciągły, według praktycznie dowolnej funkcji.

Zastosowanie indywidualnych układów napędowych jazdy pozwoliło na niezależne ruchy poszczególnych mechanizmów w czasie cyklu pracy. Oprócz dokładnego prowadzenia ładunku wyeliminowano niekorzystne zjawisko występujące w czasie ruchów torowych jakim jest ukosowanie mostu suwnicy. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rysunku 1.

Układ wyposażono w:

- sterownik master,
- sterownik wózka,
- sterowniki obu czołownic,
- układ czujników pomiaru prędkości i położenia,
- komputer nadrzędny,
- rejestrator.



Rys. 1. Stanowisko do badań eksperymentalnych

Rolę rejestratora pełni stacja akwizycji danych KEITHLEY 500A. Zbiera ona następujące wielkości:

- sygnały przemieszczenia i prędkości lewej czołownicy s_l, v_l ,
- sygnały przemieszczenia i prędkości prawej czołownicy s_p, v_p ,
- sygnały przemieszczenia i prędkości wózka s_w, v_w ,
- sygnały wychylenia ładunku w kierunkach równoległym i prostopadłym do ruchu wózka x_{Qw}, x_{Qm} .

BADANIA EKSPERYMENTALNE RUCHÓW SKOJARZONYCH

Badania miały na celu zbadanie jakości prowadzenia i pozycjonowania ładunku dla różnych warunków pracy suwnicy. Dla całego cyklu badań określono czasy rozruchu (t_r) i hamowania (t_h) 3.5 s., przy których nie występuje poślizg kół napędowych. Badano pracę układu uwzględniając różne sposoby prowadzenia ładunku oraz zmieniając takie wielkości jak masa ładunku, poziom transportu czy przebieg prędkości w czasie ruchu nieustalonego.

Na poniższych rysunkach, dla wybranych przypadków pracy układu zostały przedstawione następujące przebiegi:

- sygnały sterujące wózka (U_w) i czołownic (U_s) - rysunki z indeksem a,
- prędkości jazdy czołownic (v_{m1} , v_{m2}) i wózka (v_w) - rysunki z indeksem b,
- wahanie ładunku w płaszczyznach ruchu wózka (x_{Qw}) i mostu (x_{Qm}) - rysunki z indeksem c,
- rzeczywista droga ładunku i wózka względem ziemi w czasie cyklu pracy - rysunki z indeksem d.

Dla każdego przypadku pracy podano uchyb dostawiania ładunku w kierunkach ruchu mostu (Δx_m) i ruchu wózka (Δx_w).

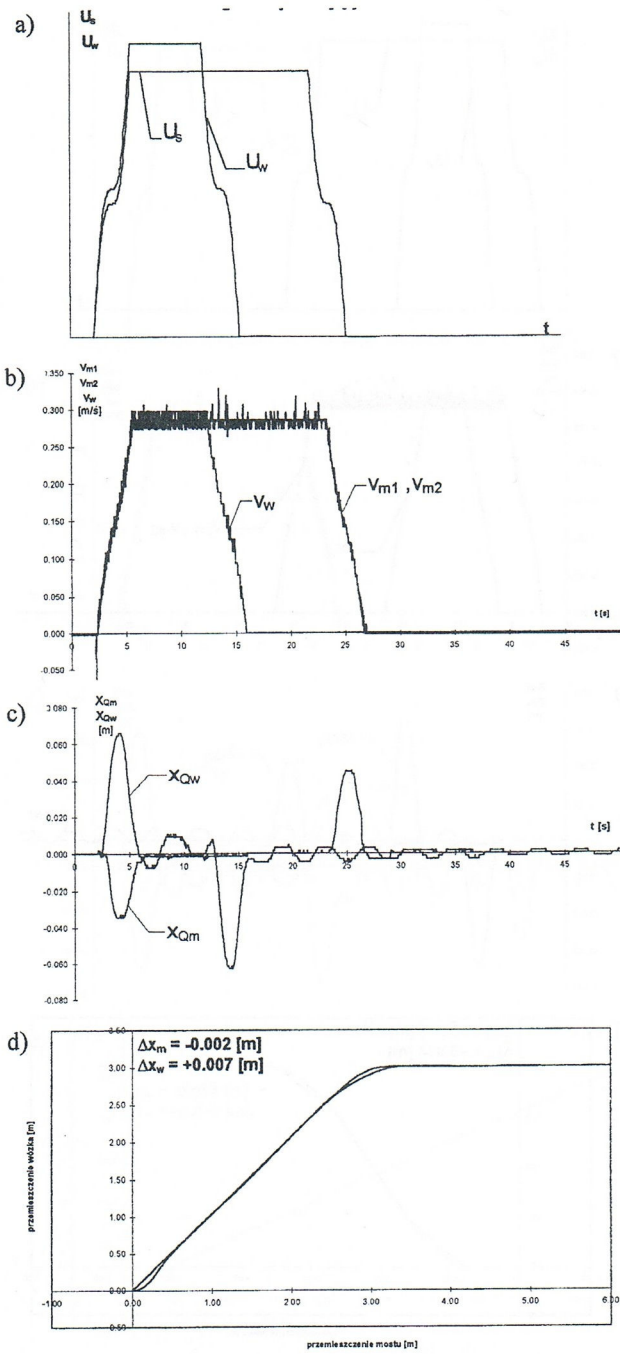
Wybrane wyniki badań eksperymentalnych ruchów skojarzonych suwnicy sterowanej automatycznie przedstawiono na rysunkach od 2 do 5.

Funkcje sterujące U_w i U_s są każdorazowo generowane przez komputer po zadaniu współrzędnych końcowych i automatycznym pomiarze długości lin. Ich kształt powoduje wytłumienie wahań ładunku po zakończeniu ruchu [1].

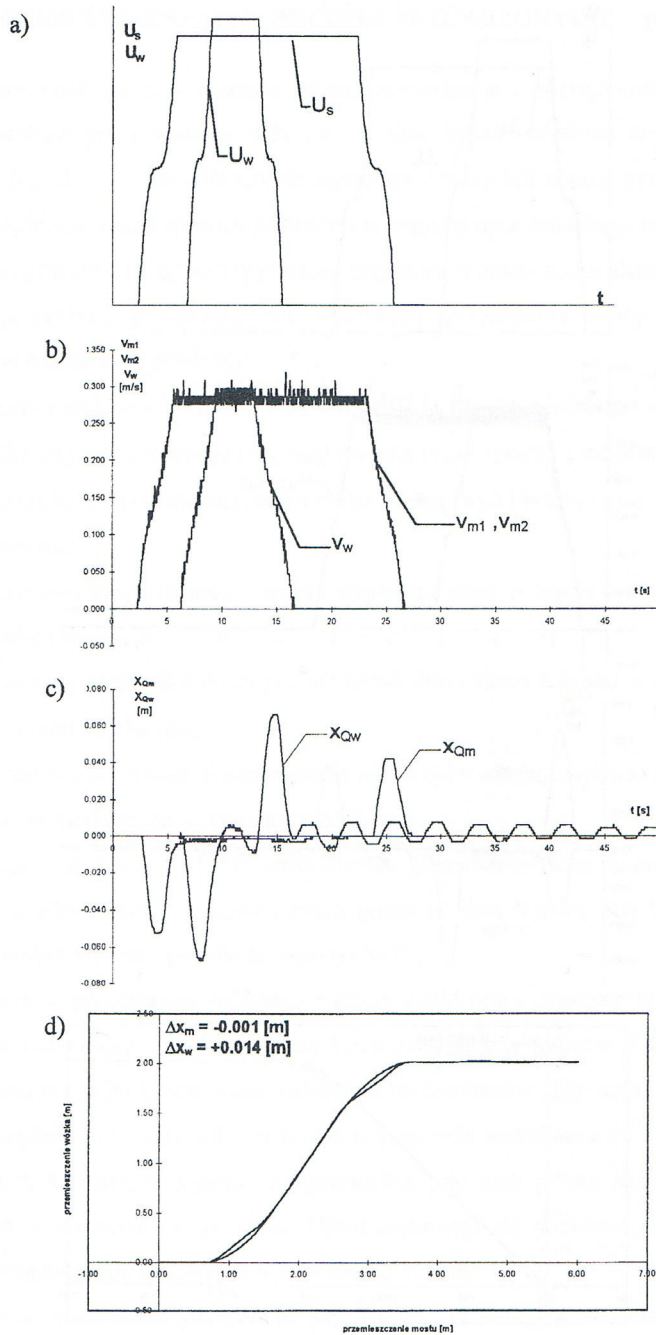
Rysunek 2 przedstawia wybrane przebiegi cyklu pracy maszyny w przypadku, gdy czasy trwania ruchu mostu i wózka są różne. Ładunek wykonuje wahanie w dwóch kierunkach tylko w okresie rozruchu i hamowania każdego z mechanizmów. Tor ruchu ładunku stanowi krzywa z odchyleniami ładunku od toru wózka w momencie wahań ładunku.

Rysunek 3 pokazuje wykresy dla przypadku, gdy ruch wózka rozpoczyna się po 4 sekundach od rozpoczęcia ruchu mostu. Układ zachowuje się podobnie jak w poprzednim przypadku osiągając uchyb dostawiania ładunku ok. 1.4 cm.

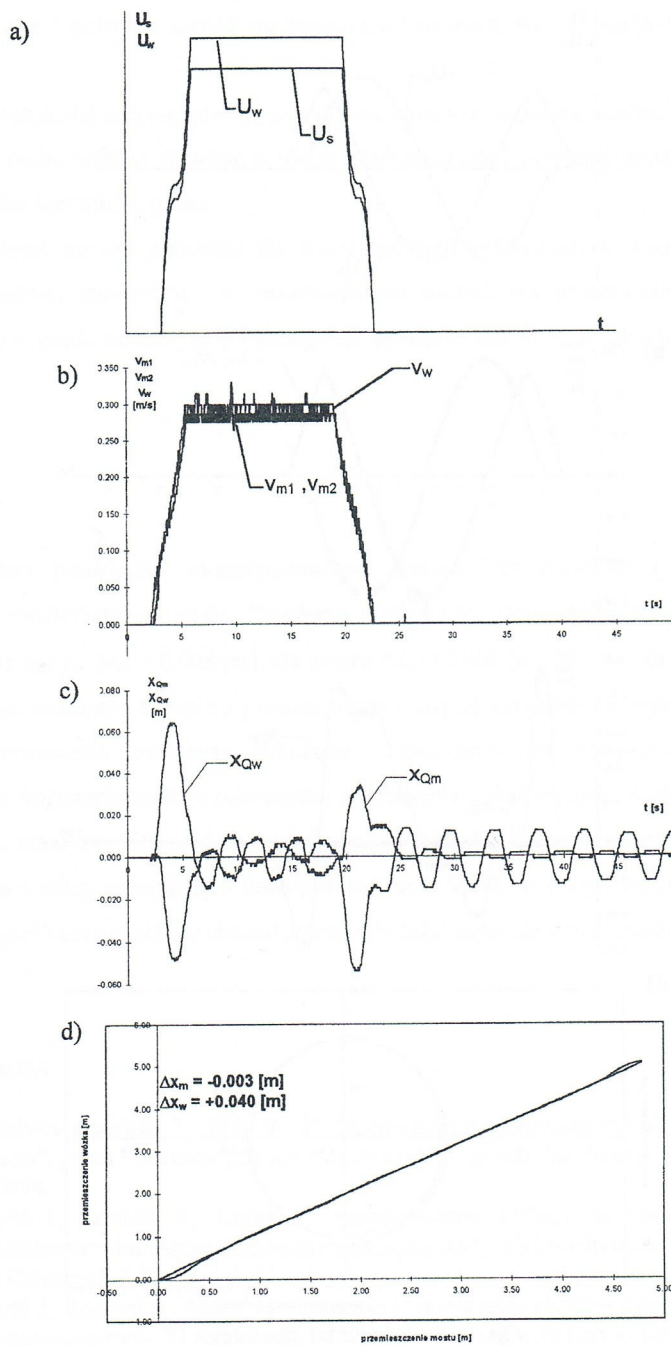
Rysunek 4 dotyczy przypadku gdy dzięki jednakowym czasom trwania pracy mechanizmów jazdy i ich jednoczesnym starciu uzyskano ruch wózka po linii prostej.



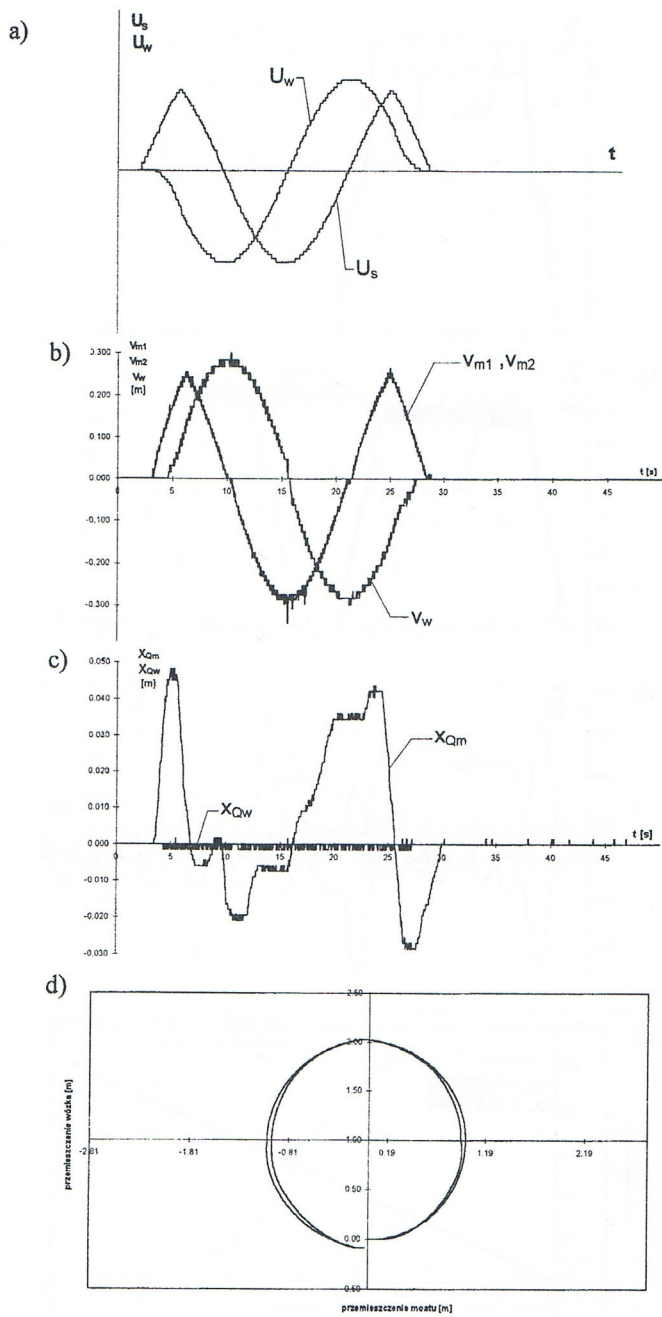
Rys.2. Dostawianie ładunku z optymalną funkcją sterującą. Równoczesny start obu mechanizmów z dłuższą jazdą mostu



Rys.3. Jazda mostu i wózka z omijaniem przeszkody ruchem wózka z optymalną funkcją sterującą.



Rys.4. Jazda mostu i wózka po linii prostej z optymalną funkcją sterującą.



Rys.5. Ruch ładunku po okręgu.

Rysunek 5 pokazuje sposób sterowania mechanizmami dla uzyskania ruchu ładunku po okręgu.

W większości przypadków zaobserwować można istnienie minimalnych wahań ładunku w kierunku ruchu wózka. Wynikać to może z uproszczenia i przyjęcia jednakowego modelu wahań dla obu kierunków ruchu.

Wartości uchybu położenia dla poszczególnych mechanizmów wynikały z istnienia strefy nieczułości falowników, co uniemożliwiało prawidłowe prowadzenie ładunku przy bardzo małych prędkościach jazdy (szczególnie widoczne jest to na przebiegach dla ruchu po okręgu).

WNIOSKI

Analiza przebiegów eksperymentalnych potwierdziła prawidłową pracę układów sterowania mechanizmami jazdy. Uzyskane dokładności dostawiania ładunku przeciętnie wyniosły: dla mostu $\Delta x_m = 0.008$ [m], dla wózka $\Delta x_w = 0.009$ [m].

Przeprowadzone badania i przedstawione powyżej przykładowe wyniki potwierdzają celowość stosowania transportu ładunków z zastosowaniem sterowania optymalnego. Możliwe jest kojarzenie ruchów roboczych i wytlumienie wahań ładunku w obu kierunkach po zatrzymaniu maszyny. Warunkiem koniecznym jest zrealizowanie w całości fazy rozruchu i hamowania według optymalnych funkcji sterujących. Możliwe jest prowadzenie ładunku po linii prostej jeżeli czasy ruchów nieustalonych będą takie same dla obu kierunków.

LITERATURA

- [1] Sprawozdanie z tematu 7 7016 92 03 "Automatyzacja sterowania suwnicy do przeładunku kontenerów". Praca wykonana pod kierownictwem prof. dr hab. inż. Jerzego Tomczyka; Łódź - Bytom 1994.
- [2] Grudziecki J., Kosucki A., Uciński J., Pozycjonowanie suwnicy sterowanej automatycznie. Badania doświadczalne układu sterowania mechanizmu jazdy. VIII Konferencja Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych Zakopane 1995.
- [3] Grudziecki J., Kosucki A., Malenta P., Tomczyk J.: Kojarzenie ruchów suwnicy pracującej w cyklu automatycznym. XI Konferencja Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych. Zakopane 1998.

EXPERIMENTAL TESTS OF THE SIDEWISE MOVEMENTS OF THE AUTOMATIZED TRAVELLING CRANE

Summary

The automatized travelling crane can realise its sidewise movements according to the optimum control functions. It can dump the load oscillations in both directions and reduce the time of the transport. The results of the experimental tests are presented and the load positioning accuracy is analysed.