

Jerzy TOMCZYK
Jacek CINK

ROZWIĄZANIE PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW TRANSPORTU WIOTKO PODWIESZONYCH ŁADUNKÓW SUWNICAMI STEROWANYMI NUMERYCZNIE

Streszczenie. W referacie przedstawiono rozwiązanie problemów wahań wiotko podwieszonych ładunków i ich pozycjonowania, ukosowania mostów suwnic i tarcia obrzeży kół jezdnych oraz regulacji poboru mocy. Problemy rozwiązano za pomocą automatycznie lub półautomatycznie sterowanych mechanizmów z mikroprocesorowym, ciągłym sterowaniem prędkościami skojarzonych ruchów mechanizmów jazdy mostu i wózka oraz ruchów podnoszenia i opuszczania z quasi-regulacją stałej mocy. Układ ma zastosowanie dla transportu ładunków w założonej przestrzeni transportowej z występującymi w tej przestrzeni przeszkodami stałymi.

THE SOLUTION OF THE BASIC PROBLEMS OF FLEXIBLE SUSPENDED LOAD TRANSPORT BY MICROPROCESSOR CONTROLLED OVERHEAD CRANES

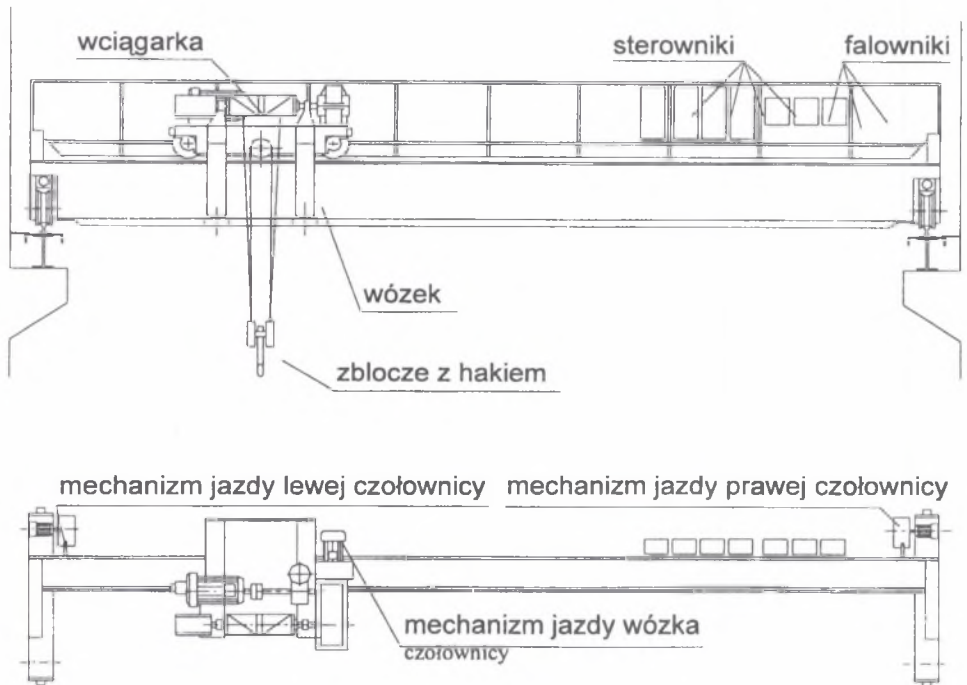
Summary. The solution of the problems connected with oscillation of the flexibly suspended load, positioning of the load, limitation of the bevel angle of the bridge and friction of the wheel flanges and power regulation are presented in this paper. The problems have been solved by means of microprocessor automatic and semiautomatic continue control of the speed of the travelling and traversing mechanisms and constant power regulation for hoisting and lowering of the load. The system can be applied to the transport of the load in the transport area where the constant obstacles are situated.

1. STEROWANIE NUMERYCZNE SUWNICĄ

Prawie powszechnie już dostępne sterowanie maszynami za pomocą mikroprocesorów umożliwiło rozwiązanie wymienionych w streszczeniu problemów, których rozwiązanie było niemożliwe lub trudne i kosztowne dla poprzedniej generacji układów sterowania. Zastosowanie mikroprocesorów umożliwiło również opracowanie dla dźwignic nowej technologii transportu wiotko podwieszonych ładunków.

Technologia ta umożliwia elastyczne programowanie cykli transportowych dźwignic, przystosowujące ich pracę do programowanych cykli produkcyjnych oraz przyjętych układów dróg transportowych.

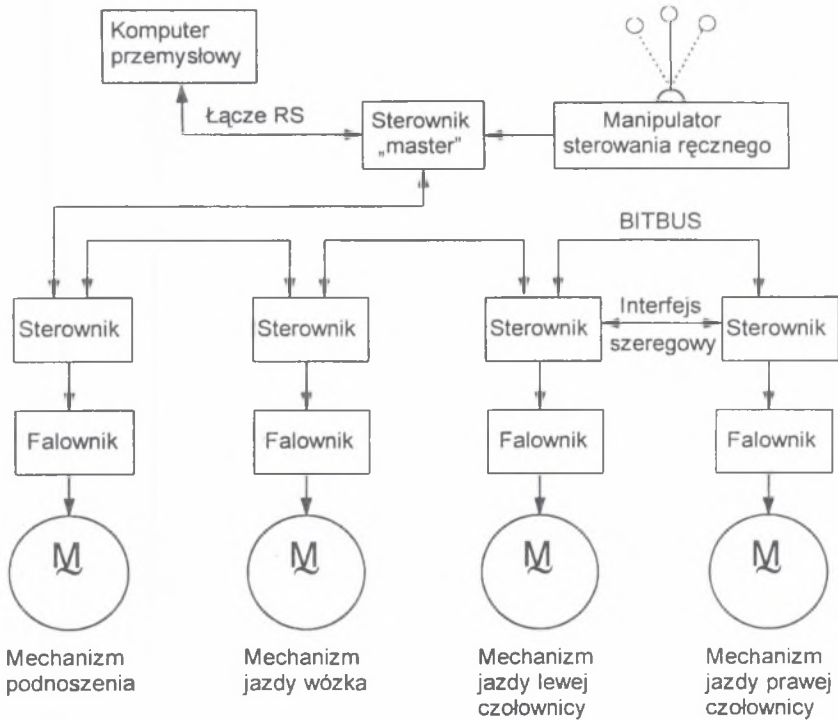
Opracowaną technologię zastosowano po raz pierwszy w Polsce dla jednodźwigarowej suwnicy eksperymentalnej o udźwigu $Q = 50 \text{ kN}$ i rozpiętości $L = 10 \text{ m}$ w Zakładzie Maszyn Roboczych i Napędów Hydraulicznych Politechniki Łódzkiej, budując układy napędowe i sterownicze dla wszystkich mechanizmów tej suwnicy. Schemat suwnicy pokazano na rys. 1.



Rys.1. Schemat suwnicy eksperymentalnej
Fig.1. A scheme of the experimental overhead crane

Do napędu wszystkich mechanizmów suwnicy zastosowane zostały układy: falownik - silnik asynchroniczny zwarty. Pracą każdego falownika zarządza sterownik mikroprocesorowy, który realizuje wszystkie wymagane funkcje układu sterowania i regulacji danego mechanizmu. Ponadto sterowniki odpowiedzialne są za zarządzanie wszystkimi funkcjami logicznymi mechanizmów, jak np. sterowanie hamulcami mechanicznymi, czy wyłącznikami krańcowymi. Pracą wszystkich mikrosterowników zarządza sterownik nadrzędny typu „master”, który za pośrednictwem sieci „BITBUS” umożliwia komunikację między mikrosterownikami oraz manipulatorem sterowania

ręcznego. Dodatkowo mikrosterowniki współpracujące z mechanizmami jazdy obydwu czołownic komunikują się między sobą za pomocą interfejsu szeregowego z uwagi na konieczność kompensacji ukosowania mostu suwnicy. Wszystkie mikrosterowniki robocze oraz „master”, jak również manipulator sterowania ręcznego zostały wykonane oraz oprogramowane przez Ośrodek Badawczo - Rozwojowy Dźwignic i Urządzeń Transportowych „DETRANS” w Bytomiu. Schemat blokowy układu sterowania suwnicą pokazano na rys. 2.



Rys.2. Schemat blokowy układu sterowania
Fig.2. A block scheme of the control system

Układ posiada możliwość pracy w trybie sterowania ręcznego oraz programowego. Wybór trybu sterowania realizowany jest za pomocą przełącznika umieszczonego w manipulatorze sterowania ręcznego.

Ustawienie przełącznika w trybie sterowania ręcznego umożliwia sterowanie ruchami wszystkich mechanizmów suwnicy za pomocą potencjometrów dźwigniowych umieszczonych w manipulatorze, przy czym prędkości poszczególnych mechanizmów są proporcjonalne do wychyleń odpowiednich dźwigni. Przy sterowaniu ręcznym zaangażowane są wszystkie mikrosterowniki robocze oraz „master”, dzięki czemu zabezpieczone jest działanie wszystkich funkcji logicznych suwnicy i dodatkowo istnieje możliwość kompensacji ukosowania mostu poprzez synchronizację biegu obydwu czołownic.

Ustawienie przełącznika w trybie sterowania programowego pozwala na ruch wszystkich mechanizmów suwnicy według z góry założonych programów. Wymaga to współpracy mikrosterowników z nadrzędnym komputerem przemysłowym, który wypracowuje funkcje sterujące.

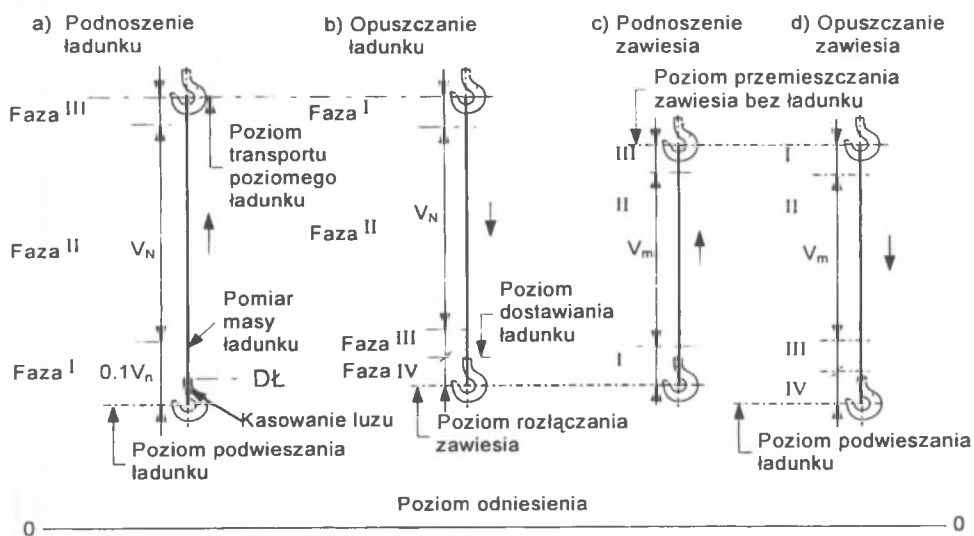
W przypadku mechanizmu podnoszenia komputer nadrzędny przekazuje jedynie informację o zadanym położeniu kątowym bębna linowego. Ruch roboczy mechanizmu podnoszenia obejmujący rozruch, ruch ustalony i dojazd do zadanego położenia realizowany jest bezpośrednio przez sterownik.

W przypadku mechanizmów jazdy wózka i mostu cały ruch roboczy musi być prowadzony według kryteriów eliminacji wahań ładunku i uzyskania odpowiedniej dokładności pozycjonowania. Wymaga to określenia przebiegu czasowego prędkości zadanej mechanizmu w całym ruchu roboczym. Funkcje sterujące w postaci tablic, których elementy odpowiadają wartościom prędkości zadanej w określonych przedziałach czasowych, zostają wypracowane w pamięci nadrzędnego komputera przemysłowego, a następnie są przesyłane do sterownika.

Uruchomienie mechanizmu w trybie sterowania programowego zrealizowane zostaje przyciskiem „start sterownika” po dokonaniu transmisji funkcji sterujących z nadrzędnego komputera przemysłowego.

2. TRANSPORT PIONOWY ŁADUNKU

Koncepcja realizacji ruchu podnoszenia i opuszczania ładunku i zawiesia przedstawiona jest na rys. 3. Realizacja ruchu podnoszenia ładunku - (rys. 3a) przebiega



Rys.3. Realizacja ruchu podnoszenia i opuszczania ładunku: a) podnoszenie ładunku, b) opuszczanie ładunku, c) podnoszenie zawiesia, d) opuszczanie zawiesia

Fig.3. The realization of the load hoisting and lowering: a) hoisting of the load, b) lowering of the load, c) hoisting of the lifting fling, d) lowering of the lifting fling

w trzech fazach. Czas trwania fazy I może być zaprogramowany w zależności od konstrukcji zawiesia i rodzaju ładunku na 3 - 5 sekund. W tej fazie początkowo samo zawiesie, a następnie ładunek podnoszone są ze zmniejszoną prędkością o wartości ok. 0,1 prędkości nominalnej. Następuje skasowanie luzu w więzi linowej z możliwością zatrzymania ruchu mechanizmu na poziomie Dł, na który ładunek ten jest również dostarczany, a następnie łagodny rozruch do małej prędkości podnoszenia ładunku. W czasie ruchu podnoszenia ładunku z małą prędkością przy końcu fazy I następuje pomiar masy ładunku i wypracowanie przez sterownik wartości prędkości dla podnoszenia zasadniczego, realizowanego według zasady stałej mocy. Następnie bez zahamowania ładunku zwiększona zostaje jego prędkość dla realizacji podnoszenia zasadniczego, które stanowi fazę II. Przed osiągnięciem przez ładunek podanego przez komputer pokładowy poziomu transportu, na którym ładunek będzie transportowany poziomo za pomocą ruchów jezdnych, prędkość podnoszenia jest w sposób łagodny zmniejszana, układ wchodzi bowiem w strefę regulacji przemieszczenia ładunku w fazie III. Faza ta

kończy się hamowaniem elektrycznym ruchu podnoszenia do określonego poziomu, po czym zapada hamulec mechaniczny silnika mechanizmu podnoszenia. Hamulec ten pełni jedynie rolę hamulca bezpieczeństwa i odciążania silnika elektrycznego i falownika przy statycznym obciążeniu mechanizmu, wynikającym z siły ciężkości ładunku. Komputer pokładowy przy sterowaniu automatycznym lub operator w systemie sterowania półautomatycznego lub ręcznego określa poziom podniesienia ładunku do transportu poziomego w zależności od drogi tego transportu. Oznacza to możliwość zaprogramowania kilku poziomów dla transportu poziomego i wyboru przez komputer pokładowy - przy sterowaniu automatycznym lub przez operatora w systemie transportu półautomatycznego, odpowiedniego poziomu transportu ładunku realizowanego za pomocą ruchów jezdnych. Niezależnie od tego przy sterowaniu ręcznym operator ma możliwość wyboru dowolnego poziomu transportu, a także jego zmiany w czasie ruchów jazdy z prędkością ustaloną.

Realizacja opuszczania ładunku (rys. 3b) może następować w trzech lub czterech fazach. Faza I obejmuje opuszczanie, odbywające się z małą prędkością (ok. $0.1 v_n$), dokonywany jest pomiar masy ładunku dla określenia prędkości opuszczania zgodnie z zasadą stałej mocy. Zastosowanie tej fazy opuszczania jest konieczne w przypadku, w którym po zatrzymaniu ruchów jezdnych następuje zmiana masy ładunku, np. dla suwnicy odlewniczej. W innych przypadkach, dla transportu, w którym nie ma możliwości zmiany masy ładunku po podniesieniu i zatrzymaniu ruchów jezdnych, faza ta może być pominięta i układ rozpocznie opuszczanie od razu od fazy II z prędkością taką samą jak prędkość podnoszenia zasadniczego. W fazie III następuje zmniejszenie prędkości i układ wchodzi w strefę regulacji przemieszczenia. W fazie tej prędkość ładunku jest zmniejszana, co ma na celu poprawienie dokładności pozycjonowania ładunku przy jego zahamowaniu i dostawianiu na określony poziom. W fazie IV następuje dostawienie spoczynkowe i zluzowanie więzi z małą prędkością, odłączające w systemie automatycznym specjalnie skonstruowane zawiesie lub pozwalające na jego odłączenie od ładunku w systemie pracy półautomatycznej z obsługą naziemną.

Po wykonaniu operacji dostawiania ładunku i odłączenia zawiesia następuje ruch podnoszenia zawiesia (rys. 3b), podlegający procedurze takiej samej jak podnoszenie ładunku w trzech fazach, z tym że faza podnoszenia zasadniczego odbywa się z przewidzianą maksymalną prędkością graniczną, ponieważ w przypadku braku obciążenia ładunkiem może zaistnieć sytuacja nadmiaru mocy mechanizmu

podnoszenia. Po przejściu fazy III, określonej strefą regulacji przemieszczenia, układ zatrzyma się na wybranym poziomie, przy którym następuje przejazd suwnicy do miejsca poboru następnego ładunku i opuszczanie zawiesia zgodnie z procedurą pokazaną na rys. 3b. Procedura ta jest podobna do procedury opuszczania ładunku i może się składać z czterech lub trzech faz, bowiem faza I może być w określonym przypadku również pominięta i układ może rozpoczynać opuszczanie z maksymalną prędkością graniczną. Po przejściu strefy regulacji przemieszczenia w fazie III zawiesie zatrzyma się na poziomie dostawiania. Następnie wykonane zostanie w fazie IV opuszczenie zawiesia z małą prędkością do poziomu umożliwiającego podłączenie ładunku w systemie automatycznym lub półautomatycznym z obsługą naziemną. Po osiągnięciu tego poziomu następuje zatrzymanie i podwieszenie ładunku. Układ jest gotowy do realizacji ruchu podnoszenia.

Ze względu na skrócenie czasu operacji transportu proces podnoszenia zasadniczego może zostać podzielony na dwie części. Podniesienie ładunku lub zawiesia na pierwszy możliwy, ze względu na konfigurację przestrzeni transportowej (przeszkody stałe) poziom, umożliwiający przeprowadzenie rozruchu mechanizmów jazdy i wózka suwnicy oraz podniesienie ładunku lub zawiesia w trakcie ustalonych prędkości jazdy na poziom docelowy. Decyzja wypracowana jest przez komputer pokładowy na podstawie programu optymalizującego cykl transportowy.

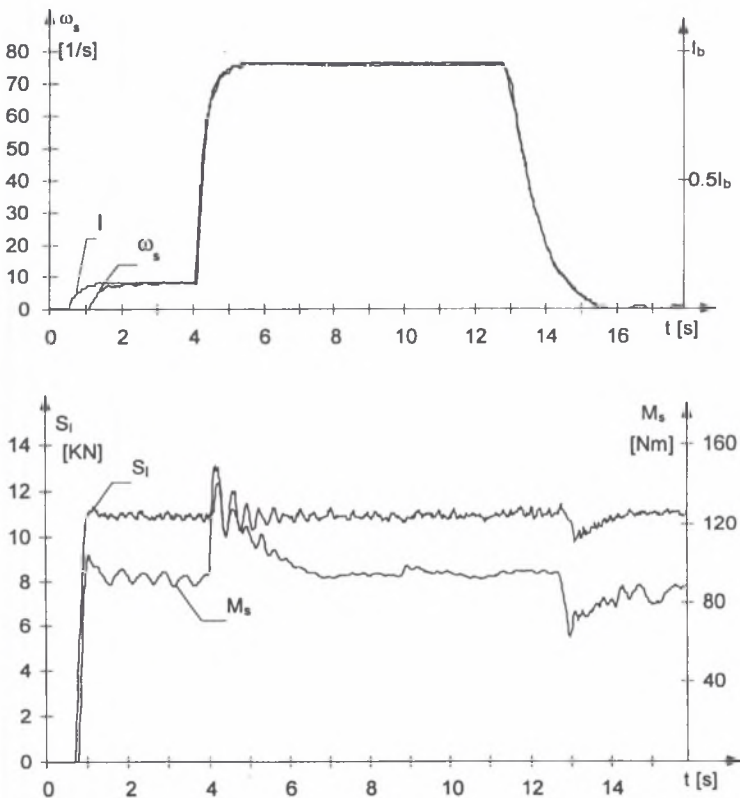
Należy zauważyć, że w transporcie zautomatyzowanym, przy braku obsługi naziemnej musi być rozwiązany problem automatycznego podwieszania ładunku, co ma już zastosowanie w transporcie kontenerowym. W systemie pracy półautomatycznej praca obsługi naziemnej jest ułatwiona ze względu na możliwość zaprogramowania poziomów pozycjonowania zawiesia dla podwieszania do niego ładunków. Programowanie poziomów podwieszania ma charakter adaptacyjny, co umożliwia zaprogramowanie odpowiednich dla każdego punktu poboru ładunków poziomów ich podwieszania. Możliwe jest również sterowanie ręczne z bezpośrednim wyborem poziomu podwieszania przez operatora.

Przed zainstalowaniem mechanizmu podnoszenia na suwnicy eksperymentalnej został on zbadany na specjalnym stanowisku wyposażonym w obciążnik poruszający się w 20-metrowym pionowym szybie. Schemat blokowy stanowiska badawczego mechanizmu podnoszenia wraz z układem pomiarowym pokazano na rys. 4.

Mechanizm podnoszenia zaopatrzone w regulator stałej mocy, który w początkowej fazie ruchu roboczego wypracowuje sygnał ograniczający maksymalną prędkość ładunku, tak aby uzyskać stały poziom mocy w ruchu ustalonym.

Układ sterowania zaopatrzone w regulator położenia, który wypracowuje sygnał sterujący dla mechanizmu proporcjonalnie do różnicy między zadaniem i rzeczywistym położeniem bębna linowego. Położenie zadane bębna przekazywane jest do sterownika z komputera pokładowego, bezwzględne położenie rzeczywiste bębna mierzone jest za pomocą optoelektronicznego wieloobrotowego przetwornika kodowego typu M 524 amerykańskiej firmy „MEGATRON”. Oba sygnały porównywane są w sterowniku, który ogranicza sygnał sterujący proporcjonalnie do uchybu.

Układy regulacji mocy oraz regulacji położenia realizowane są w sterowniku mikroprocesorowym.



Rys.5. Badania eksperymentalne mechanizmu podnoszenia
Fig.5. The experimental tests of the hoisting winch

Przy pracy w trybie sterowania programowego z komputera pokładowego do sterownika przekazana zostaje informacja o zadanym położeniu końcowym bębna. Ładunek podnoszony musi być zaczepiony do haka. Po załączeniu przycisku „start sterownika” uruchomiona zostaje następująca procedura ruchu roboczego.

- a) Sygnał sterujący rośnie skokowo od zera do wartości odpowiadającej 0,1 prędkości nominalnej i utrzymuje się na tym poziomie przez 5 sekund.
- b) W piątej sekundzie ruchu następuje pomiar wartości siły w linach mechanizmu podnoszenia i określenie na tej podstawie maksymalnej wartości sygnału sterującego do wartości wynikającej z poziomu mocy rozwijanej przez silnik w ruchu ustalonym.
- c) Sygnał sterujący rośnie skokowo do wartości maksymalnej i następuje rozruch układu do prędkości odpowiadającej poziomowi mocy regulowanej. Skokowa zmiana sygnału sterującego zostaje złagodzona przez człon inercyjny zrealizowany w sterowniku mikroprocesorowym.
- d) Sygnał sterujący jest dodatkowo ograniczony przez regulator położenia. W miarę zbliżania się bębna do zadanego położenia sygnał ten maleje stopniowo, proporcjonalnie do uchybu położenia, aby osiągnąć wartość zero po dojeździe układu do położenia końcowego.

Na rys. 5 pokazano wyniki badań eksperymentalnych mechanizmu podnoszenia. Zamieszczono na nim przebiegi czasowe prędkości kątowej silnika elektrycznego ω_s , momentu na wale silnika M_s oraz siły w linach S_l przy podnoszeniu ładunku z podłoża do zadanego położenia.

Można zaobserwować omówione wcześniej etapy: ruch mechanizmu z małą i pełną prędkością oraz łagody dojazd do zadanego położenia. Dzięki umieszczoneму w sterowniku członowi inercyjnemu przeciążenia momentu nie przekraczają 30%, przeciążenia siły w linach są mniejsze od 10%.

3. TRANSPORT POZIOMY ŁADUNKU

W systemie transportu automatycznego i półautomatycznego przewiduje się możliwość określenia i wprowadzenia do programu zarządzania transportem punktów odbioru i dostawiania ładunków, których parametry są wprowadzone do programu

sterowania transportem. System ten może zostać wykorzystany częściowo także dla sterowania ręcznego.



Rys.6. Poziomy przemieszczania ładunku i zawiesia oraz poziomy dostawiania oraz podwieszania i rozłączania zawiesia z ładunkiem

Fig.6. The levels of the the load and lifting fling displacement and the levels of the load delivery and its suspension and disconnection from the lifting fling

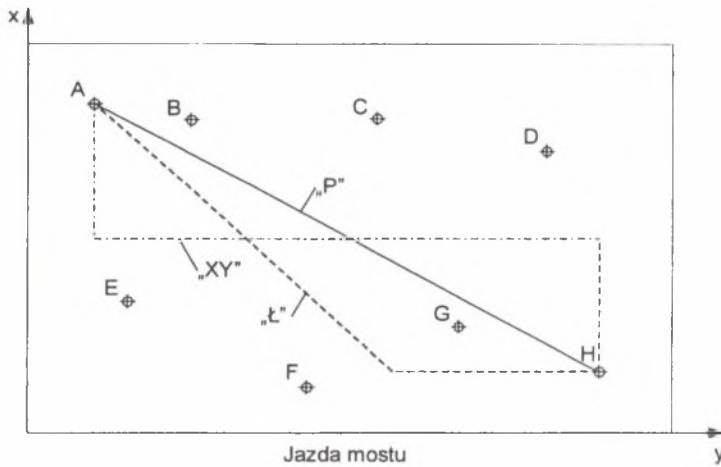
Opracowana technologia systemu transportu poziomego ładunku umożliwia zaprogramowanie poziomów przemieszczania ładunku i zawiesia oraz poziomów dostawiania oraz podwieszania i rozłączania zawiesia z ładunkiem. Poziomy te przedstawione są przykładowo na rys.6.

Na rys. 6a widoczne są zaprogramowane poziomy przemieszczania ładunków PPŁi ($i=1....k$), które dla tego przykładu. pokrywają się z poziomami przemieszczania zawiesia PPZi. Na rys. 6b przedstawiono przykład określenia poziomów dostawiania - DŁ2B, rozłączania - RŁ2B i przyłączania - PŁ2B ładunku nr 2 na stanowisko dostawiania i pobierania ładunków B. Ten sam ładunek otrzymuje inne poziomy dostawiania oraz podwieszania i rozłączania ładunku na stanowisku C, co widoczne jest na rys. 6c. Poziomy te mogą być inne w przypadku operowania na stanowisku ładunkiem o innym numerze - 3 na rys. 6c.

Wybór odpowiedniego poziomu dokonywany jest automatycznie na podstawie danych pochodzących z komputera centralnego lub w przypadku półautomatycznego, a także odpowiedniej opcji ręcznego sterowania, na podstawie danych wprowadzanych do komputera pokładowego.

Odpowiedni dla określonej technologii produkcji lub transportu program i wprowadzone dane umożliwiają wybór optymalnej operacji automatycznego transportu konkretnego ładunku na rozkaz zawierający jedynie numer ładunku i punkty jego odbioru i dostawienia. Przy przełączeniu na pracę półautomatyczną operator po podwieszeniu ładunku wprowadza dane określające numer ładunku i punkt jego dostawienia oraz rozkaz startu realizacji cyklu transportowego. Po wykonaniu operacji

transportu i rozłączeniu zawiesia operator wprowadza dane określające numer ładunku i punkt jego poboru oraz rozkaz startu realizacji cyklu przemieszczenia maszyny dla pobrania kolejnego ładunku. Reszta operacji jest wykonywana automatycznie. W każdej chwili możliwe jest płynne przejście na sterowanie ręczne całkowite lub sterowanie ręczne ze wspomaganiem automatycznym procesów rozruchu i hamowania ruchów jezdnych dla eliminacji wahań ładunku. W tym ostatnim przypadku sterowanie ręczne podnoszeniem i opuszczaniem ładunku możliwe jest tylko w czasie braku ruchów jezdnych oraz w czasie, w którym ruchy jezdne odbywają się ze stałą prędkością.



Rys.7. Mapa pola transportu poziomego
Fig.7. The map of the horizontal transport area

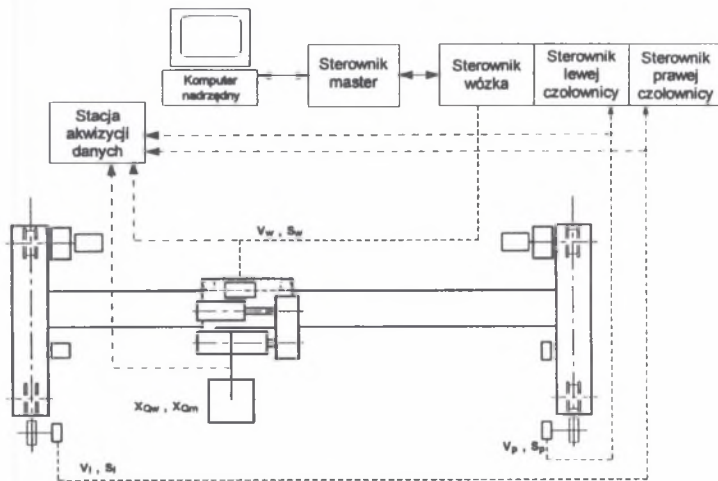
Na rys. 7 przedstawiona jest mapa obsługiwanego przez suwnicę pola transportu z zaznaczonymi punktami poboru i dostawiania ładunków. Transport poziomy określonego ładunku (np. nr 3) z punktu poboru A do punktu dostawienia H może się odbyć trzema metodami („P”, „L” i „XY”) w zależności od wybranego poziomu przemieszczania ładunku. Na wybór sposobu i poziomu przemieszczenia wpływ mają stałe przeszkody na drodze transportu na określonym poziomie przemieszczenia ładunku o danych wymiarach przy zastosowaniu kryterium minimalizacji czasu transportu.

Przykładowo przemieszczenie poziome ładunku z punktu A do H metodą „P” (po prostej) może być możliwe, ze względu na istniejące przeszkody, tylko na przykładowo ósmym, najwyższym poziomie. Podniesienie ładunku na ten poziom przed uruchomieniem ruchów jezdnych wymaga odpowiedniego czasu, a jeżeli jakaś przeszkoda stała usytuowana jest w pobliżu punktu A, to uniemożliwione jest

zastosowanie podziału ruchu podnoszenia na wstępne, do najniższego możliwego poziomu transportu oraz zasadnicze realizowane w trakcie ruchów jezdnych w fazie ich prędkości ustalonych. Realizacja przemieszczenia metodą „P” wymaga w tym przypadku podniesienia ładunku przed uruchomieniem ruchów jezdnych na ósmy poziom i zastosowania maksymalnej prędkości jazdy mostu oraz dostosowania prędkości jazdy wózka dla otrzymania drogi prostoliniowej łączącej punkt A z punktem H. W przypadku zastosowania tego sposobu dla przemieszczenia ładunku z punktu B do punktu F zastosowana zostanie maksymalna prędkość jazdy wózka oraz dostosowana będzie prędkość jazdy mostu.

Realizacja przemieszczenia poziomego metodą „L” może się okazać dostępna (omijająca przeszkodę) na niższym przykładowo trzecim poziomie. W pierwszej fazie drogi zastosowane są maksymalne prędkości jazdy mostu i wózka. Po zahamowaniu wózka druga faza drogi odbywa się tylko przy niezmienionej prędkości maksymalnej jazdy mostu aż do osiągnięcia punktu H dostawienia ładunku.

Na najniższym poziomie przemieszczenia dostępna może być jedynie droga trzecia złożona z kolejnych ruchów jezdnych wózka, mostu i ponownie wózka. Droga taka może przebiegać np. wzdłuż założonych dróg transportowych na tym poziomie przemieszczenia określonego ładunku.



Rys.8. Schemat blokowy mechanizmów jazdy, układów sterowania i układów pomiarowych

Fig.8. A block scheme of the travelling mechanisms, the control and measure systems

Po dokonaniu analizy komputer pokładowy wybiera bezpieczną metodę transportu, dającą najkrótszy jego czas. Wówczas na monitorze komputera pokładowego pojawia

się mapa pola transportu z zaznaczonymi dla wybranego poziomu przemieszczenia przeszkodami stałymi i założoną drogą transportu. Jest ona widoczna w czasie trwania przemieszczenia ładunku z uwidocznieniem również aktualnej jego pozycji. Daje to również operatorowi pogląd na możliwości transportu poziomego na określonym poziomie przemieszczenia w przypadku przejścia na sterowanie ręczne, ponieważ w trakcie podnoszenia zmieniają się mapy uwidaczniające istniejące przeszkody dla ładunku o danych wymiarach.

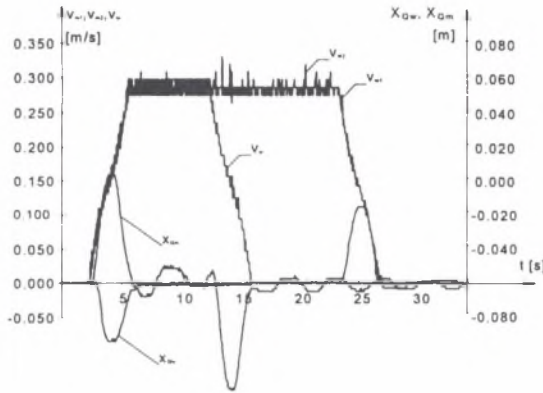
Praca układu została zbadana na suwnicy eksperymentalnej. Schemat blokowy mechanizmu jazdy wózka i obydwu czołownic wraz z układem pomiarowym i układem sterowania pokazano na rys. 8.

Mechanizm jazdy wózka oraz indywidualne mechanizmy jazdy mostu współpracujące z czołownicami napędzane są silnikami asynchronicznymi klatkowymi współpracującymi z przetwornicami częstotliwości typu ING 3 43P7 firmy BEVI.

W trybie sterowania programowego sterownik współpracujący z danym mechanizmem otrzymuje z komputera nadrzędnego dokładny przebieg funkcji sterującej w ruchu roboczym. Każdy mechanizm zawiera układ regulacji prędkości, realizowany w przetwornicy częstotliwości oraz układ regulacji przemieszczenia, realizowany w sterowniku. Dzięki temu wypracowana w komputerze nadrzędnym funkcja sterująca zapewnia wytłumienie wahań zawieszonoego na linach ładunku po okresach rozruchu i hamowania, jak również dokładny dojazd wózka i mostu suwnicy do zadanego położenia.

Zastosowanie indywidualnych mechanizmów jazdy obu czołownic oraz dokładna kontrola ich położenia umożliwia dodatkowo kompensację ukosowania mostu suwnicy w ruchu roboczym.

Kierunki ruchów mostu i wózka są wzajemnie prostopadłe i dlatego można je kojarzyć niezależnie od siebie. Na rys. 9 pokazano wyniki badań eksperymentalnych skojarzonych ruchów mostu i wózka przy sterowaniu programowym. Zamieszczono na nim przebiegi czasowe prędkości obu czołownic v_{m1} i v_{m2} oraz wózka względem mostu v_w , względnych wahań ładunku w kierunku ruchu mostu x_{Qm} i wózka x_{Qw} .



Rys.9. Badania eksperymentalne ruchów skojarzonych
Fig.9. The experimental tests of the simultaneous motions

Sterowanie wg wypracowanych funkcji optymalnych pozwala na wytlumienie wahań ładunku po okresach rozruchu i hamowania oraz dojazd do zadanego położenia z dokładnością 1 cm. W prezentowanym ruchu roboczym wykorzystano maksymalne prędkości wózka i mostu, przy czym ruch wózka zakończył się wcześniej niż ruch mostu.

4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie nowej generacji, sterowanych numerycznie układów napędowych dźwignic wymaga zastosowania odpowiedniej koncepcji realizacji procesu transportu ładunków. Opracowana nowa technologia transportu pozwala na rozwiązanie podstawowych problemów eksploatacyjnych, przynosząc następujące korzyści użytkownikom maszyn dźwigowych:

- ograniczenie do minimum tarcia obrzeży kół przez eliminację ukosowania mostów suwnic,
- dostarczanie ładunków z wymaganą dokładnością do zaprogramowanego miejsca - pozycjonowanie ładunków,
- automatyczne wytlumienie wahań ładunku po okresach rozruchu i hamowania mechanizmów jazdy,
- zwiększenie prędkości podnoszenia i opuszczania ładunków o masach mniejszych od nominalnych przez zastosowanie zasady stałej mocy,

- minimalizacja czasu transportu ładunków przez automatyczny, optymalny wybór drogi transportowej,
- automatyczną statystykę pracy dźwignicy i transportowanych ładunków.

LITERATURA

1. Bednarski S., Cink J.: Regulacja mocy w mechanizmie podnoszenia dźwignicy. Konferencja Naukowo-Techniczna Napędy Maszyn Transportowych. Ustroń Śląski, wrzesień 1996.
2. Bednarski S., Malenta P.: Model i badania symulacyjne oraz eksperymentalne wciągarki bębnowej z napędem falownikowym. III Konferencja Okrętownictwo i Oceanografia. Międzyzdroje 1997.
3. Tomczyk J.: Problemy automatyzacji krajowych maszyn roboczych. Problemy Maszyn Roboczych, Komitet Budowy Maszyn PAN, z.4, vol. 4. Warszawa 1994.
4. Tomczyk J. i inni: Badania dynamiki maszyn dźwigowo-transportowych sterowanych za pomocą mikroprocesorów. Praca badawcza KBN nr 7 T07C 028 09, Łódź-Bytom 1998.
5. Tomczyk J., Cink J., Kosucki A.: Badania podstawowych problemów automatyzacji maszyn roboczych. VII Konferencja Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane styczeń 1994.

Recenzent: Dr hab.inż. Sylwester Markusik
Prof. Politechniki Śląskiej

Abstract

The idea of the transport of the flexible suspended load for overhead cranes has been worked out.

According to the microprocessor control system for all of the mechanisms of the overhead crane has been built. It gives the possibility to position the load in the every

point of the three dimensional transport space. The system can co-operate with the computer in the automatic working mode.

The hoisting which contains the constant power regulation system and the position regulation system. The first one better allows to use the power of the electric motor and to move the smaller loads with the higher speed. The position control system lets deliver the load to the chosen transport level.

The travelling and the traversing mechanism control systems demand the control function that must be worked out by computer and sent to the controller which is the main element of the control system. The control function is delivering in the real time when the mechanism works in the automatic mode. The control system contains the continuously working speed and displacement regulations. They allow to delivery the load to the chosen position and the shape of the control function gives the possibility to damp the load oscillation after the acceleration and braking phase. Additionally the control system of the travelling mechanism lets limit the bevel angle of the bridge during the duty motion.

The computer chooses the proper horizontal way which can be realised by simultaneous work of the travelling and traversing mechanisma according to the transport level and obstacles connected with it.

The simulation and experimental tests of the system have been done. They have confirmed the advantages of the system which can be applied to the transport of the load in the area where the fixed obstacles are situated.