

Jerzy UCIŃSKI

WPLYW SPOSOBU STEROWANIA NA OBCIĄŻENIA DYNAMICZNE W MECHANIZMIE JAZDY SUWNICY

Streszczenie. W artykule przedstawiono ocenę obciążeń dynamicznych występujących w mechanizmach jazdy suwnic pomostowych z napędem elektrycznym z uwzględnieniem sposobu sterowania. W pierwszej części pracy podkreślono wpływ na wielkość i charakter obciążeń takich czynników, jak: oscylacyjny przebieg momentu elektromagnetycznego silnika, luzy występujące w mechanizmie, poślizgi na kołach napędowych, ukosowanie mostu suwnicy. W drugiej części pokazano mikroprocesorowy układ sterowania napędem falownikowym oraz jego możliwości ograniczania obciążeń dynamicznych w elementach napędu.

THE INFLUENCE OF CONTROL SYSTEM ON DYNAMIC LOADINGS IN THE TRAVELLING MECHANISM OF OVERHEAD CRANE

Summary. In the paper some dynamic loadings in electromechanical drive of the travelling mechanism for different stage of facility operation are presented. It was given special attention on possibilities of the reduction dynamical loads in electromechanical drive supplied via a frequency converter. Advantages of the microprocessor bared control system in comparison with traditional system were presented.

1. WSTĘP

W klasycznie zbudowanych mechanizmach jazdy suwnic pomostowych (wyposażonych w silniki asynchroniczne) w okresach ruchu nieustalonego występują znaczne obciążenia dynamiczne o charakterze oscylacyjnym. Ich wielkość w niektórych przypadkach może przekraczać 10-krotnie wartość obciążeń występujących w ruchu ustalonym. Przyczynami tak znacznych obciążeń są:

- silnie oscylacyjny przebieg momentu elektromagnetycznego silnika w momencie jego załączenia do sieci,

- luzy występujące w mechanizmie,
- poślizg na kołach napędowych,
- ukosowanie mostu na torze,
- wahający się na linach ładunek.

Obciążenia występujące w elementach mechanizmu jazdy zmierzone w czasie pracy na suwnicy pomostowej o udźwigu $Q = 50$ kN i rozpiętości $L = 20$ m wyposażonej w dwa indywidualne napędy, uwzględniające ww. czynniki, pokazano w pierwszej części pracy. W drugiej części przedstawiono możliwości zmniejszania tych obciążeń w napędach z silnikami klatkowymi zasilanymi poprzez przetwornice częstotliwości, wyposażonymi w mikroprocesorowe układy sterowania.

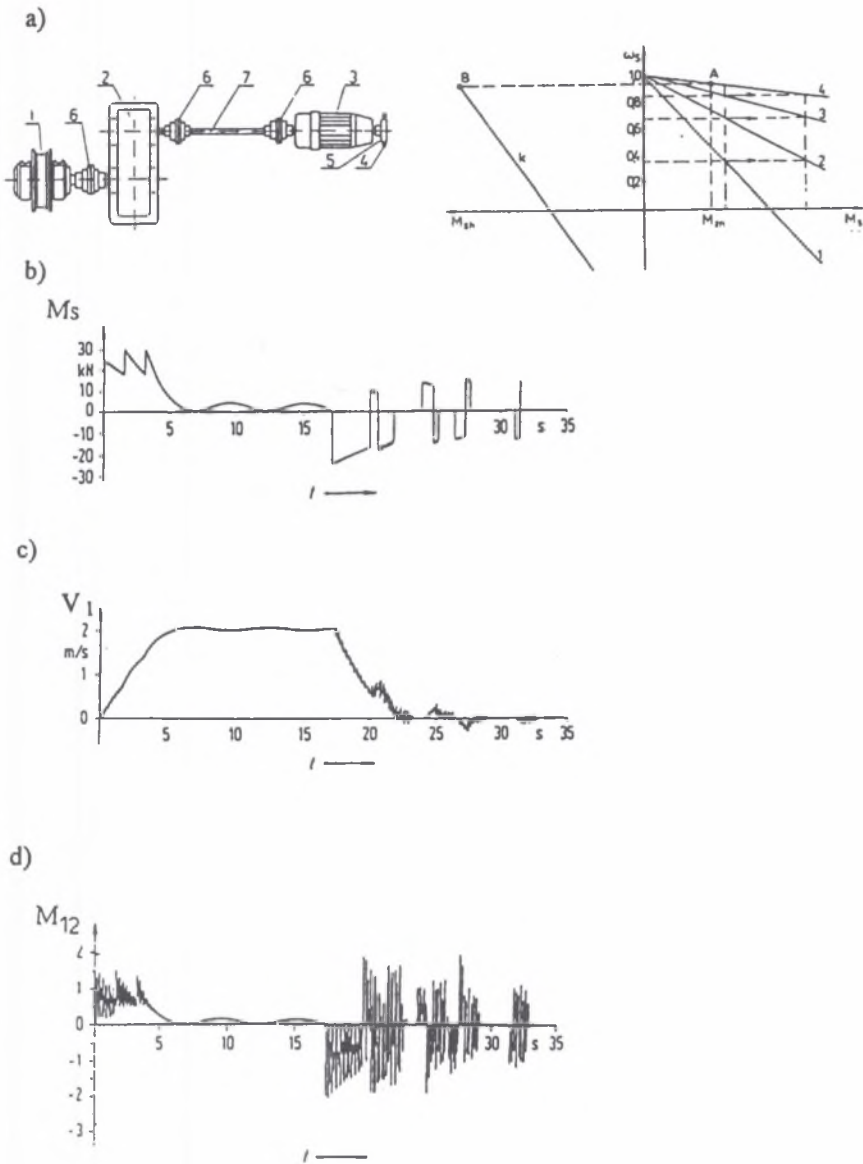
2. OBCIĄŻENIA W KLASYCZNYCH MECHANIZMACH JAZDY

Wybrane przykłady zmierzonych obciążeń dynamicznych występujących w czasie eksploatacji w indywidualnych napędach z silnikami pierścieniowymi pokazano na rys.1. Pomiarów obciążeń (momentów skręcających) dokonywano na wale szybkoobrotowym oraz na wale koła każdego z mechanizmów. Odpowiednio, na rys.1.a. przedstawiono przebiegi obciążeń występujących na wałach szybkoobrotowych prawego i lewego napędu w czasie rozruchu i hamowania mostu suwnicy. Rozruch silników pierścieniowych przeprowadzano przy wykorzystaniu charakterystyk regulacyjnych (rys.2.a), a hamowanie - za pomocą hamulców mechanicznych. Jednocześnie na rysunku pokazano przebiegi prędkości jazdy prawej i lewej czołownicy mostu. Widoczne na rysunku, a nie znikające po zatrzymaniu mostu obciążenia dynamiczne w mechanizmach, są wynikiem oddziaływania na napęd wahającego się na linach ładunku.

Na rys.1.b. pokazano wpływ oscylacyjnego charakteru momentu elektromagnetycznego silnika - M_s na wielkość obciążeń dynamicznych występujących na wale szybkoobrotowym M_{12} i na wale koła - M w początkowej chwili ruchu po załączeniu silnika. Wybrano przy tym przypadek rozruchu mechanizmu bez wstępnego napięcia, a wielkość luzu zredukowanego na wał silnika wynosiła ok. 0.35 rad. Przebiegi zarejestrowano przy dużej prędkości przesuwu taśmy rejestrującej. Jednocześnie dla porównania wielkości obciążeń dynamicznych występujących na wale koła w stosunku do oporów ruchu pokazano przebieg oporów ruchu zredukowanych na wał koła jako - M_2

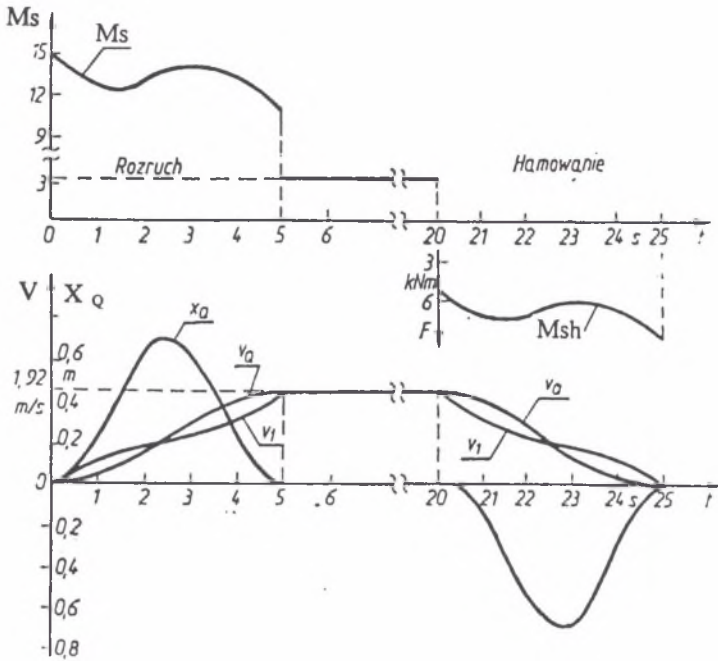
Inny charakter obciążeń występuje w mechanizmie w czasie poślizgu na kołach napędowych. Ten przypadek obciążeń pokazuje rys.1.c. Przedstawiono tu przebieg momentu skręcającego - M , występującego w wale koła w czasie rozruchu i hamowania z poślizgiem.

Szczególną uwagę należy zwrócić na dynamikę napędu w czasie dojazdu mostu do zadanych położenia na torze, realizowanego poprzez ręczne sterowanie przez operatora. Najczęściej dojazd realizowany jest poprzez krótkotrwałe przemienne załączenie silnika i hamulca mechanicznego, a dla napędów z silnikami pierścieniowymi - hamowania silnikiem. W podobny sposób operator steruje ruchem suwnicy chcąc szybko wytłumić wahający się na linach ładunek w miejscu rozładunku. Zamodelowany proces takiego ruchu przedstawiono na rys.2. Po okresie ruchu ustalonego, w czasie hamowania i po pierwszym zatrzymaniu mostu realizowany jest korygujący ruch dojazdowy polegający na krótkotrwałym rozruchu, a następnie hamowaniu napędu jazdy. Odpowiednio na rys.2.a. przedstawiono schemat napędu indywidualnego oraz charakterystyki rozruchowe silnika; na rys.2.b. - charakter wymuszenia realizowany przez napęd w czasie rozruchu i hamowania; na rys.2.c. - przebieg prędkości jazdy mostu; na rys.2.d. - obciążenia dynamiczne występujące w wale szybkoobrotowym w czasie realizacji ruchu dojazdowego.

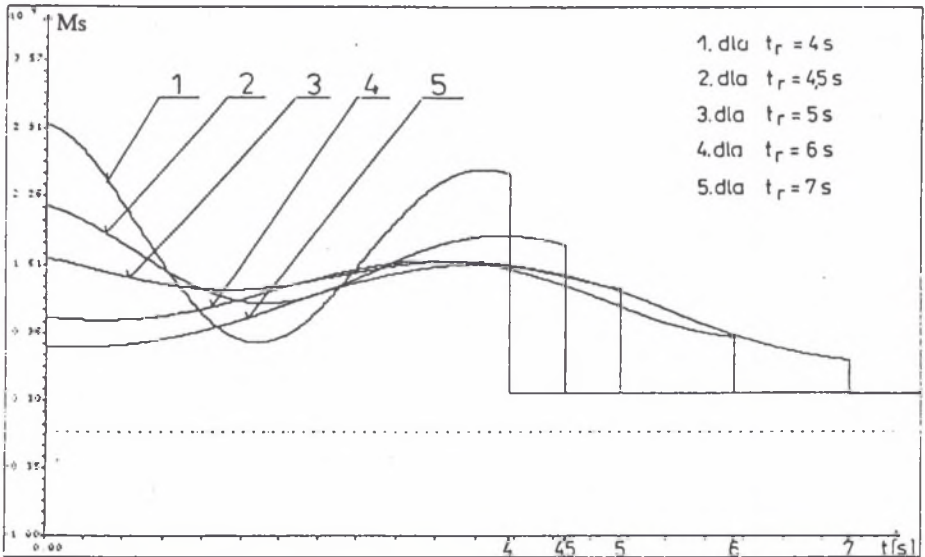


Rys.2. a) Schemat napędu. Charakterystyki regulacyjne.
 b) Charakterystyka wymuszenia.
 c) Prędkość jazdy mostu.
 d) Obciążenia dynamiczne w wale szybkoobrotowym

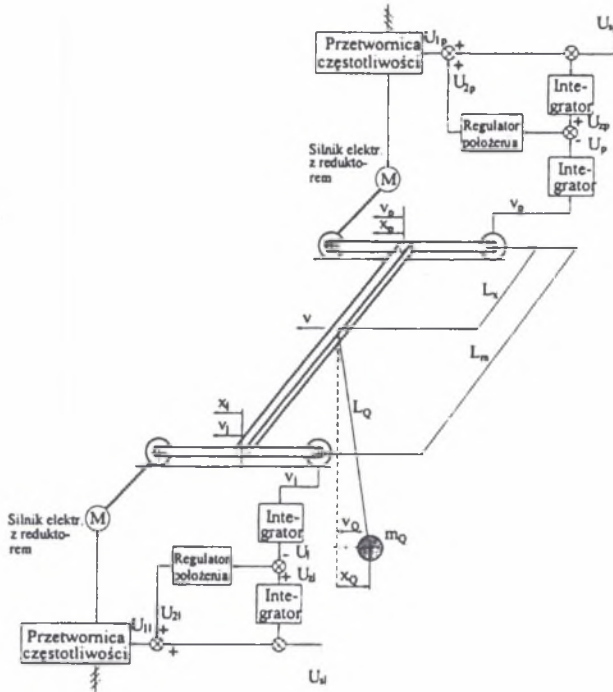
Fig.2. a) Scheme of the driving system.
 b) Characteristic of the driving torque.
 c) Curs of speed.
 d) Dynamic loading in the high – speed shaft



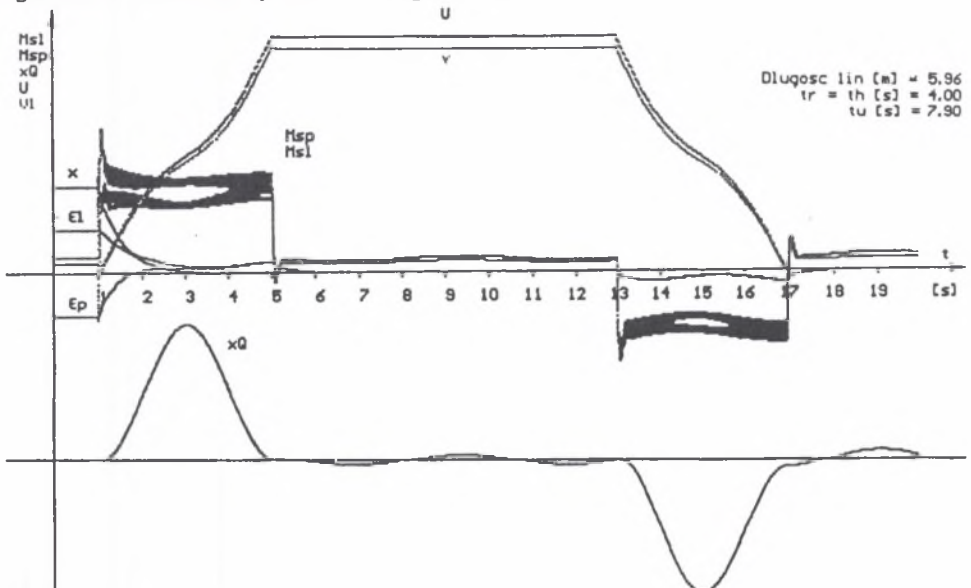
Rys.3. Przykład wymuszenia pozwalającego wy tłumić wahania ładunku
 Fig.3. Possibilities of the reduction load oscillations



Rys.4. Wpływ czasu trwania ruchów nieustalonych na wielkość przeciążeń
 Fig.4. The influence t_r and t_h on the loadings in mechanism



Rys.5. Schemat blokowy układu sterowania
 Fig.5. Scheme of the control system of travelling mechanism



Rys.6. Obciążenia dynamiczne w mechanizmie z napędem falownikowym
 Fig.6. The dynamic loadings in electro-drive supplied via a frequency converter

3. OBCIĄŻENIA W MECHANIZMACH JAZDY Z NAPĘDEM FAŁOWNIKOWYM

Zastosowanie napędu fałownikowego w mechanizmie jazdy suwnicy umożliwia sterowanie prędkością w sposób ciągły w całym cyklu roboczym oraz dojazd do miejsca zatrzymania z dużą dokładnością bez konieczności wykonywania ruchów korygujących. Ciągłe sterowanie prędkością jazdy pozwala między innymi wytłumić wahania ładunku zawieszonoego na linach po zakończeniu każdego z ruchów nieustalonych, a więc i po zatrzymaniu suwnicy. W tych przypadkach jednak ruch suwnicy w czasie rozruchu i hamowania musi się odbywać wg ściśle wyznaczonych przebiegów prędkości [3]. Sterowanie prędkością, a tym samym realizacja w stanach nieustalonych odpowiednich przyspieszeń, wymaga zrealizowania przez silnik odpowiednich wymuszeń (rozwijania odpowiedniego momentu napędowego i hamującego). Przykładowy charakter wymuszenia, który umożliwia wytłumienie wahań ładunku w cyklu roboczym, pokazuje rys.3. Przedstawiono tu: M_s - wymagany przebieg momentu napędowego i hamującego silnika, V_1 - zadawana prędkość jazdy mostu, V_2 - realizowana prędkość pozioma ładunku, X_Q - wahania ładunku względem mostu.

Charakter i wielkość wymaganego przebiegu momentu napędowego i hamującego realizowanego przez silnik w stanach nieustalonych zależą i to znacznie od czasów ich trwania. W wielu przypadkach zwiększenie czasu trwania ruchu nieustalonego o ok. 20% (w stosunku do najkrótszego, przy którym realizowany jest ruch bez poślizgu) sprawia, że przeciążenia występujące w mechanizmie można zmniejszyć dwukrotnie - rys.4.

Realizację eksploatacyjnych przebiegów prędkości jazdy, a także sterowanie przemieszczeniem suwnicy z dużą dokładnością, zapewnia układ sterowania omówiony w pracy [1] i pokazany na rys.5. Jest to mikroprocesorowy układ sterowania zrealizowany na suwnicy doświadczalnej ZMRiNH Politechniki Łódzkiej. Sterowanie ruchem mostu odbywa się poprzez sterowanie indywidualne dwoma niezależnymi napędami jazdy z silnikami klatkowymi zasilanymi poprzez falowniki.

Odpowiednio na rys. 6. przedstawiono symulację ruchu suwnicy doświadczalnej o udźwigu $Q = 50$ kn, rozpiętości $L = 10$ m i prędkości jazdy $- 34$ m/s. Suwnica wykonuje ruch wg zadawanych przebiegów prędkości umożliwiających wytłumienie wahań ładunku po każdym z okresów ruchu nieustalonego. Kolejne przebiegi pokazane na rys.6. pokazują: U - napięcie sterujące, V - prędkość mostu, X_Q - wahania ładunku względem mostu. Przebiegi -

M_{sp} i M_{sl} pokazują wielkość i charakter momentów obciążających wały silników mechanizmów po obu stronach mostu. Dodatkowo na rysunku pokazano również możliwość likwidowania przekoszenia mostu występującego w początkowej chwili ruchu - wykresy E_l i E_p .

Moment rozwijany przez silnik zasilany z falownika ma również charakter oscylacyjny. Amplituda tych oscylacji osiąga jednak nie większe wartości niż ok. 20 - 30% średniego momentu rozwijanego aktualnie przez silnik, przy czym większe wartości występują w chwili załączenia lub przełączania silnika. Wielkość tych obciążeń można dodatkowo zmniejszyć poprzez opóźnienie czasu narastania momentu wymuszającego o ok. 0.2 s.

4. WNIOSKI

Przedstawione w pracy możliwości zmniejszania obciążeń dynamicznych o charakterze drgającym w mechanizmach jazdy z napędem falownikowym podkreślają zalety mikroprocesorowych układów sterowania napędami w porównaniu z układami tradycyjnymi. Zastosowanie ich w napędach maszyn roboczych przyczyni się do powstawania nowych jakościowo konstrukcji mechanizmów.

LITERATURA

1. Grudziecki J., Malenta P., Uciński J.: Pozycjonowanie mechanizmu jazdy suwnicy sterowanej automatycznie. Cz II. Badania doświadczalne układu sterowania. Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych. cz. IV. s 57-66. Zakopane 1995.
2. Sprawozdanie z tematu 7 70169203 „Automatyzacja suwnicy do przeładunku kontenerów” praca wykonana pod kierunkiem prof.dra hab. J. Tomczyka.
3. Uciński J.: Badania teoretyczne i doświadczalne możliwości zmniejszania obciążeń dynamicznych w układach napędowych nawrotnych mechanizmów dźwignic. Prace naukowe CPBP 02.05. Warszawa 1990.

Abstract

This paper presents some results of the experimental tests of the dynamic loadings in travelling mechanism of overhead crane. The influence of the motor torque, wheel spin, and clearances on dynamic loadings in electromechanical drive were shown too.

It was given special attention to the effect of microprocessor developments on possibilities of application in modern control system. The results of the tests of programmable power transmission control system of an overhead crane were presented. The travelling mechanism of the experimental crane was equipped with two individual inductive motors supplied via frequency converters. The proposed control system realized the suitable motor functions which gave the best effect of the reduction the load oscillations and dynamic loadings in the elements of travelling mechanism