

# Napęd falownikowy mechanizmu wypadu żurawia laboratoryjnego

JAN GRUDZIECKI  
PIOTR MALENTA  
JERZY UCIŃSKI

W obecnie budowanych lub modernizowanych dźwignicach coraz częściej stosowany jest napęd elektryczny z zastosowaniem przemienników częstotliwości. Bezstopniowa zmiana częstotliwości napięcia zasilającego silnik umożliwiła płynne regulowanie prędkości silników prądu przemiennego, zarówno asynchronicznych, jak i synchronicznych. Dało to możliwość tworzenia układów regulacji prędkości i przemieszczenia sterowanych programowo.

Badania prowadzone w Zakładzie MRiNH PŁ wykazały wiele zalet tak konstruowanych napędów mechanizmów jazdy i podnoszenia [1, 2]. Obecnie prowadzone prace koncentrują się na mechanizmach wypadu i obrotu dźwignic. Pierwsze uzyskane wyniki eksperymentalne tych prac zostaną przedstawione w artykule.

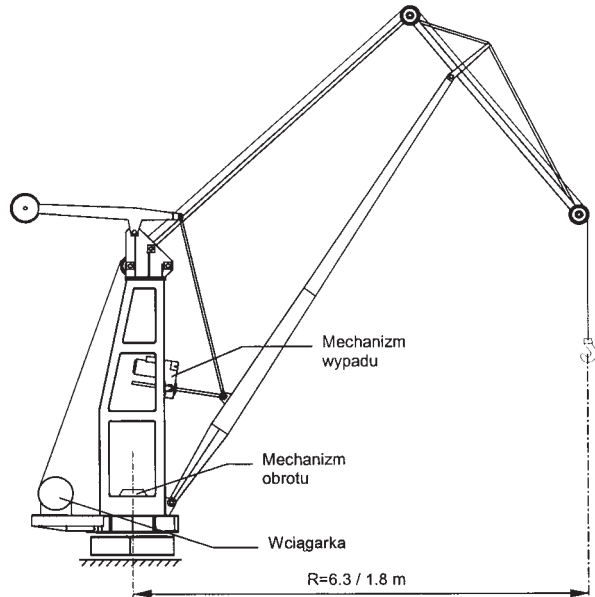
## Charakterystyka żurawia

Do badań napędu falownikowego mechanizmu wypadu służy laboratoryjny żuraw wypadowy, 4-przegubowy, przedstawiony na rys. 1. Jest to model rzeczywistej maszyny, zbudowany w skali 1 : 5, zaprojektowany i wykonany w Politechnice Łódzkiej. Żuraw wyposażony został w mechanizmy podnoszenia, wypadu i obrotu. Model zawiera konstrukcję stalową słupa i układu wypadowego. Słup w dolnej części oparty jest na platformie łożyskowej obrotowej na wieńcu kulowym. Na platformie umieszczono mechanizm podnoszenia. W dolnej części słupa zamocowany jest przegubowo wysięgnik podparty w środkowej części słupa na śrubie. Słup wykonano z dwóch pionowych, spawanych blachownic o przekroju dwuteowym połączonych przeponami. Wspora ma konstrukcję blachownicową wykonaną z cienkościennych profili giętych. Dziób to belka skrzynkowa, zaś łącznik stanowi rura cienkościenna, przegubowo połączona z dziobem.

Podstawowe parametry żurawia:

- udźwig  $Q = 5/10$  kN

*Dr inż. Jan Grudziecki, mgr inż. Piotr Malenta i dr inż. Jerzy Uciński są pracownikami Zakładu Maszyn Roboczych i Napędów Hydraulicznych Politechniki Łódzkiej.*



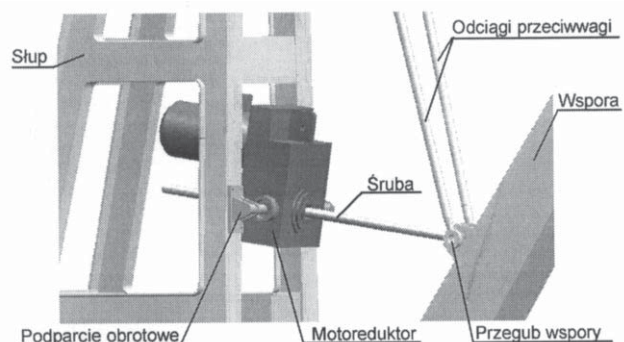
Rys. 1. Schemat laboratoryjnego żurawia wypadowego

- wysięg  $R = 6,3/4,5/1,8$  m
- długość wspory  $L_w = 6,025$  m

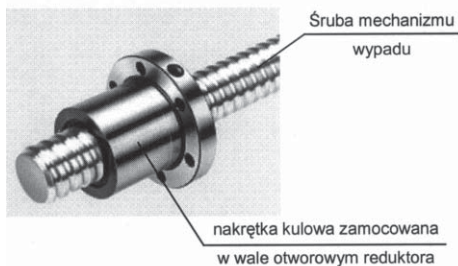
## Charakterystyka mechanizmu wypadu

### ● Konstrukcja mechanizmu

Mechanizm wypadu wykonany został jako śrubowy, podparty na przegubach obrotowych. Wykorzystany został w tym celu, odpowiednio zmodernizowany, typowy motoreduktor firmy BZUT. Ostatni wał reduktora wykonano jako wał otworowy, w którym zamocowano nakrętki kulowe współpracujące ze śrubą toczną. Na śrubie zaprojektowano odpowiednie zderzaki i ograniczniki wysięgu. Schemat zastosowanych rozwiązań układu wypadowego pokazano na rys. 2 i rys. 3.



Rys. 2. Schemat mechanizmu wypadu



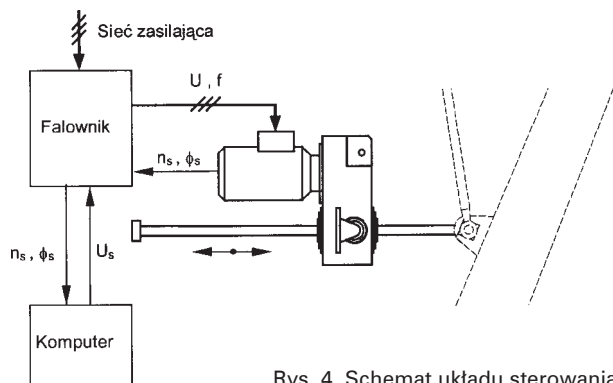
Rys. 3. Zastosowana śruba toczna firmy Rexroth

Parametry techniczne poszczególnych elementów układu:

- Motoreduktor  
Typ/firma JD53A-63/BZUT Bytom  
Przełożenie  $i = 8$   
Rozstaw osi  $h = 192,5$
- Silnik  
Typ SKg 80-2B z hamulcem elektromagnetycznym prądowym HELP  
Moc  $N_{ZN} = 1,1$  kW  
Obroty synchroniczne  $n_{SYN} = 3000$  obr/min
- Zestaw śruby z nakrętkami tocznymi  
Firma Rexroth  
Długość całkowita  $L_{SR} = 900$  mm  
Skok  $H = 10$  mm  
Średnica toczna  $d = 32$  mm

● **Układ sterowania**

Schemat układu sterowania przedstawiono na rys. 4. Do sterowania mechanizmu wypadu używany jest komputer przemysłowy firmy Advantech wyposażony w odpowiednie karty sterująco-pomiarowe.



Rys. 4. Schemat układu sterowania

Kluczową rolę pełnią karty:

- PCI 1710 – karta wejść/wyjść analogowych,
- PCL 833 – karta 3-wejściowa licznika/enkodera kwadraturowego.

Komputer wypracowuje w czasie rzeczywistym funkcję sterującą i generuje sygnał sterujący  $U_S$  w zakresie 0 – 5 V odpowiadający zadanej prędkości silnika elektrycznego. Rzeczywista prędkość obrotowa silnika  $n_s$  i położenie wału silnika  $\varphi_s$  pochodzące z czujnika zainstalowanego na wale silnika, przekazywane są do falownika, a za jego pośrednictwem do komputera sterującego. Pętla sprzężenia zwrotnego od prędkości silnika  $n_s$  realizowana jest przez falownik zgodnie z ideą przedstawioną w pracach [1, 2].

Komputer rejestruje w czasie rzeczywistym sygnały:

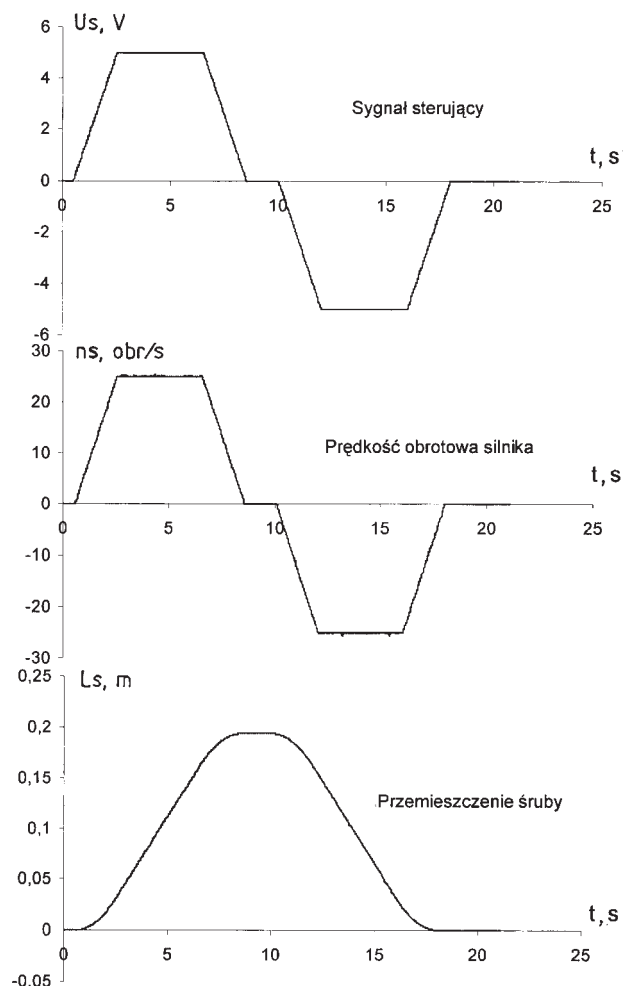
- sygnał sterujący  $U_{sr}$
- prędkość silnika elektrycznego  $n_{sr}$

- położenie wału silnika  $\varphi_s$ .  
Próbkowanie sygnałów odbywało się z częstotliwością 50 Hz.

### Badania eksperymentalne

Poniżej pokazane zostały przykładowe wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych dla mechanizmu wypadu żurawia laboratoryjnego. Wykonano je dla cyklu pracy obejmującego rozruch, ruch ustalony i hamowanie dla obu kierunków zmiany wypadu.

Na rys. 5 pokazano wymuszenie trapezowe, gdzie rozruch i hamowanie odbywa się przy liniowej zmianie prędkości.



Rys. 5. Badania eksperymentalne układu wypadowego: a) sygnał sterujący, wymuszenie trapezowe, b) prędkość obrotowa silnika, c) przemieszczenie śruby

Rys. 6 pokazuje odwzorowanie zadanego ruchu dla dowolnie kształtowanej prędkości przy zmianie wypadu. Kształt wymuszenia wynika z założonego toru prowadzonego ładunku uwzględniającego kojarzenie ruchów roboczych [3, 4].

Poszczególne przebiegi na rysunkach 5 i 6 oznaczają:

- $U_s$  [V] – zadawany sygnał sterujący,
- $n_s$  [obr/s] – mierzona prędkość obrotowa silnika,
- $L_s$  [m] – przemieszczenie śruby, odpowiadające realizowanemu wymuszeniu.



## Wnioski

Zastosowany do mechanizmu wypadu napęd śrubowy, toczny odznacza się stosunkowo prostą konstrukcją i jednocześnie spełnia wymagania stawiane tego typu mechanizmom.

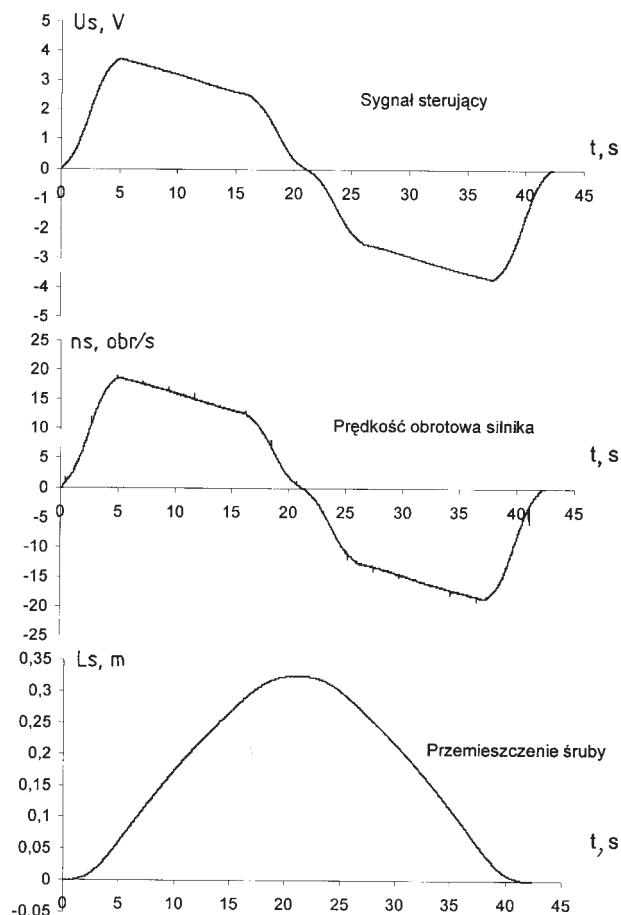
Układ wykazuje dobre właściwości ruchowe. W zestawieniu z falownikowym układem sterowania charakteryzuje się płynnym rozruchem, co wpływa na ograniczenie obciążeń dynamicznych napędu.

Układ realizuje zadawane przebiegi prędkości i przemieszczenia mechanizmu wypadu i będzie wykorzystany przy badaniach właściwości tego typu napędów żurawia wypadowego.

Napęd wymaga dalszych badań, zwłaszcza dla innych wartości zainstalowanych mocy.

## LITERATURA

1. Grudziecki J., Malenta P., Uciński J.: Badania dynamiki doświadczalnego napędu falownikowego. Konferencja Okrętownictwo i Oceanotechnika, Międzyzdroje, czerwiec 2002.
2. Grudziecki J., Malenta P., Uciński J.: Badania eksperymentalne napędu falownikowego. Konferencja Naukowo-Techniczna Napędy Maszyn Transportowych, Ustroń Śląski, listopad 2000.
3. Tomczyk J. i inni: Eliminacja wahań ładunku i pozycjonowanie dźwignic o ruchach obrotowych i wypadowych sterowanych za pomocą mikroprocesorów. Temat badawczy Nr 7 T07C 001 15, Łódź, grudzień 1999.
4. Bednarski S., Cink J., Tomczyk J.: Pozycjonowanie ładunku w ruchu roboczym żurawia portowego. X Konferencja Naukowa Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych, Zakopane, styczeń 1997.



Rys. 6. Badania eksperymentalne układu wypadowego: a) sygnał sterujący, wymuszenie dowolne, b) prędkość obrotowa silnika, c) przemieszczenie śruby