

TADEUSZ RODACKI
ANDRZEJ WOJSKI

Institut Podstawowych Problemów
Elektrotechniki i Energoelektroniki

UKŁAD IMPULSOWY DO STEROWANIA PRĘDKOŚCIĄ JAZDY MASZYN WYCIĄGOWYCH

Streszczenie. W referacie przedstawiono projekt układu impulsowego, który może być zastosowany do sterowania prędkością jazdy automatycznych maszyn wyciągowych z napędem silnikiem prądu stałego lub silnikiem asynchronicznym. Układ ten zbudowany całkowicie w oparciu o scalone elementy logiczne zapewnia sterowanie w funkcji drogi z dokładnością do 0,05 m.

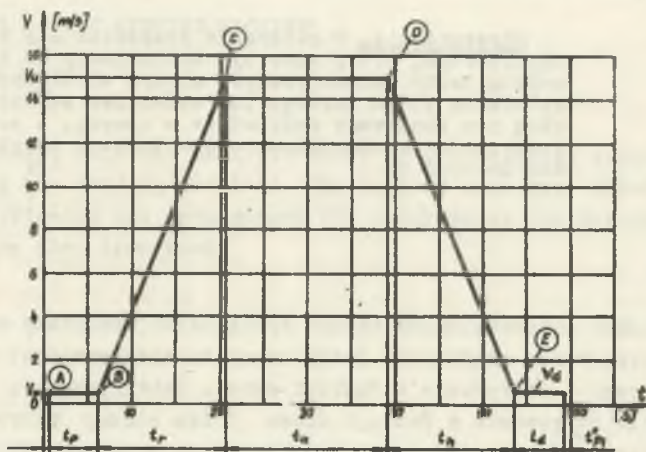
1. Wstęp

W układach automatycznych maszyn wyciągowych spotykamy się z dwoma rodzajami sterowania prędkością jazdy naczynia wydobywczego: sterowanie w funkcji drogi i sterowanie w funkcji czasu. Łatwiejsze do zrealizowania jest zwykle sterowanie w funkcji czasu i ten rodzaj sterowania spotyka się obecnie najczęściej w nowo projektowanych układach. Układ taki zapewnia uzyskanie stałych przyspieszeń i opóźnień w czasie rozruchu i hamowania. Zasadniczą wadą tego typu układu jest to, że trudno w nim uzależnić chwilę rozpoczęcia zwalniania układu od wielkości podnoszonego ładunku. Najczęściej sygnał do rozpoczęcia zwalniania podawany jest przez przekaznik magnetyczny umieszczony w szybie.

Układy sterowania w funkcji drogi spotykane w maszynach wyciągowych opierały się głównie o krzywki sterownicze. Układy te były mało dokładne z uwagi na odwzorowanie całej drogi naczynia wydobywczego w szybie na części obwodu koła krzywkowego. W praktyce trzeba było również korzystać z wyłączników drogowych instalowanych w szybie. Ostatnio układy sterowania w funkcji drogi buduje się jako układy impulsowe i w tej formie wykazują one wyższość nad układami sterowania w funkcji czasu. Impulsator napędzany od koła pędnego lub liny wysyła impulsy proporcjonalne do drogi przebytej przez naczynie w szybie. Licząc impulsy możemy w każdej chwili określić położenie naczynia wydobywczego. Podobny układ został zaprojektowany w Instytucie Podstawowych Problemów Elektrotechniki i Energoelektroniki i jest w trakcie realizacji.

2. Opis układu

Proponowany układ przeznaczony jest do stosowania w układach automatycznych maszyn wyciągowych z napędem silnikiem prądu stałego lub silnikiem asynchronicznym. Ma on za zadanie odwzorować drogę przebytą przez naczynie wydobywcze w szybie w formie ciągu impulsów i w określonych punktach charakterystycznych wykresu prędkości jazdy wysyłać sygnały do układu sterowania. Na rys. 1 przedstawiono przykładowo wykres prędkości jazdy dla maszyny wyciągowej skipowej z zaznaczeniem tych charakterystycznych punktów.



Rys. 1. Wykres prędkości jazdy $V = f(t)$

- punkt A - osiągnięcia prędkości dopuszczalnej dla wyjazdu naczynia z krzywek, likwidacja impulsu przyspieszenia. Położenie punktu A jest funkcją prędkości.
- punkt B - po przejechaniu zadanej drogi (S_1) z prędkością V_p ponowne podanie impulsu przyspieszenia od prędkości początkowej do prędkości ustalonej. Położenie punktu B zależy od drogi.
- punkt C - likwidacja impulsu przyspieszenia po osiągnięciu żądanej prędkości ustalonej. Położenie punktu C zależy od prędkości.
- punkt D - podanie impulsu hamowania maszyny z prędkości ustalonej V_u do prędkości dojazdowej V_d po przejechaniu drogi S_2 . Położenie punktu D zależy od drogi.
- punkt E - likwidacja impulsu hamowania po osiągnięciu prędkości dojazdowej V_d . Położenie punktu E jest funkcją prędkości.

Aby układ spełniał wymienione zadania w sposób poprawny, musi posiadać obwód korekcyjny poślizgu liny i charakteryzować się następującymi parametrami:

- odwzorowanie drogi z dokładnością mniejszą niż 5 cm
- niewrażliwość na zmiany czynników zewnętrznych
- duża stabilność w czasie pracy
- niezawodność działania
- małe gabaryty i łatwa obsługa
- możliwość stosowania w maszynach pracujących w szybach o różnej głębokości.

2.1. Sposób realizacji układu

Przy budowie schematu blokowego przedstawionego na rys. 2 starano się uzyskać układ składający się z najmniejszej liczby elementów i zawierający najmnijszą ilość rodzajów użytych elementów zapewniających realizację wyznaczonych im funkcji.

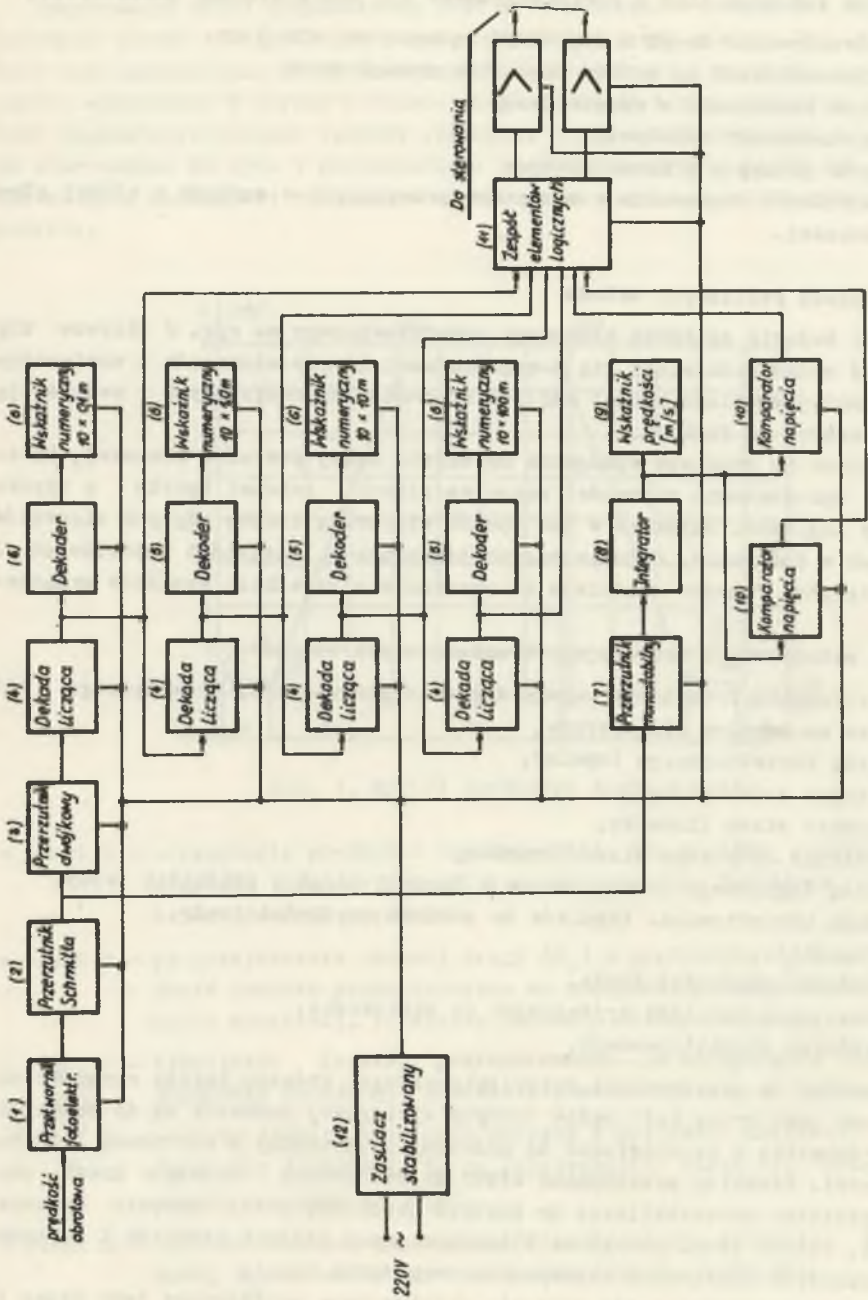
Ze względu na stawiane wymagania uzyskania dużej pewności ruchowej, trwałości, uproszczenia czynności konserwacyjnych, schemat oparto o typowe układy logiczne. Uzyskano w ten sposób niewielką liczbę użytych elementów pewnych w działaniu, o dopasowanych parametrach wielkości wejściowych i wyjściowych. Ponadto umożliwia to uzyskanie niewielkich wymiarów urządzenia.

Układ składa się z następujących zasadniczych członów:

- przetwornika fotoelektrycznego zamieniającego obroty koła pędnego lub bębna na impulsy elektryczne,
- układu kształtującego impulsy,
- licznika dziesiętnego,
- dekodera stanu licznika,
- wskaźnika cyfrowego stanu licznika,
- układu logicznego do sterowania w funkcji drogi i prędkości jazdy,
- układu kształtowania impulsów do pomiaru prędkości jazdy,
- integratora,
- wskaźnika prędkości jazdy,
- wzmacniaczy impulsów wyjściowych do sterowania,
- zasilacza stabilizowanego.

Impulsy z przetwornika fotoelektrycznego, którego tarza obrotowa napędzana jest przez koło pędne maszyny wyciągowej podawane są do przerzutnika Schmitta i przetwarzane na przebieg prostokątny o tej samej częstotliwości. Przebieg prostokątny służy do sterowania licznika drogi oraz przerzutnika monostabilnego do pomiaru prędkości jazdy naczynia wydobywczego. Pomiar drogi polega na zliczaniu przez licznik impulsów i za pomocą dekoderek sterowaniu numerycznego wskaźnika drogi.

Pomiar prędkości jazdy naczynia wydobywczego realizowany jest przez integrator, będący przetwornikiem cyfrowo-analogowym, w którym wartość



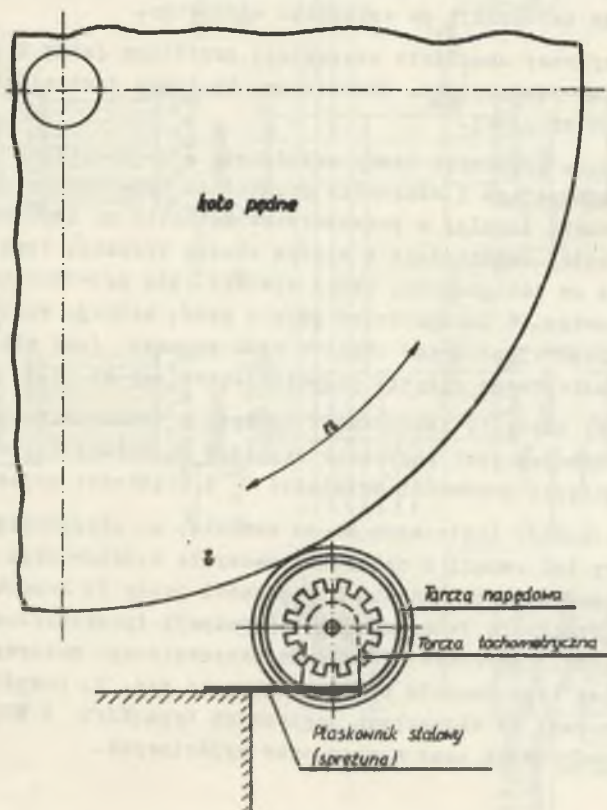
Rys. 2. Schemat blokowy układu

średnia płynącego prądu jest proporcjonalna do częstotliwości f impulsów z przerzutnika monostabilnego. Miernik tego prądu wyskalowany jest w jednostkach prędkości liniowej jazdy naczynia wydobywczego, tj. w m/s.

Charakterystyczne wartości drogi przebytej przez naczynie wydobywcze odczytane z licznika oraz wartości prędkości jazdy z komparatorów, podawane do zespołu elementów logicznych i przetwarzane na odpowiednie impulsy, które po wzmooczeniu kierowane są do urządzeń sterowania maszyną wyciągową.

2.2. Opis poszczególnych członów układu

Przetwornik fotoelektryczny składa się z fotodiody ze wzmacniaczem i źródła światła, pomiędzy którymi wiruje tarcza z wycięciami napędzana przez koło pędne maszyny wyciągowej (rys. 3). Przyjęto bezwzględną dokładność sterowania równą ± 5 cm i stąd określoną liczbę wycięć w tarczy przesłaniającej. W przypadku przepalenia się włókna żarówki wchodzącej w skład przetwornika zostaje podawany impuls do układu hamowania awaryjnego.



Rys. 3. Przykładowe połączenie przetwornika fotoelektrycznego z kołem pędnym

go. Uzyskano to przez włączenie w obwód żarówki miniaturowego przetwornika elektromagnetycznego.

Układ kształtujący impulsy zbudowano w oparciu o typowy przerzutnik Schmitta, który połączony jest z przetwornikiem fotoelektrycznym przez układ dopasowujący. Otrzymany ciąg impulsów podawany jest na przerzutnik dwójkowy i przerzutnik monostabilny. Licznik dziesiętny ma za zadanie zliczać w określonym kodzie ilość występujących impulsów i zapamiętywać ich liczbę. Składa się z 4 dekad połączonych szeregowo:

dekada x 0,1 m

dekada x 1 m

dekada x 10 m

dekada x 100 m

Dzięki temu opisany układ można stosować do szybów o głębokości 1000 m. Kompletny schemat połączeń licznika drogi przedstawiono na rys. 4.

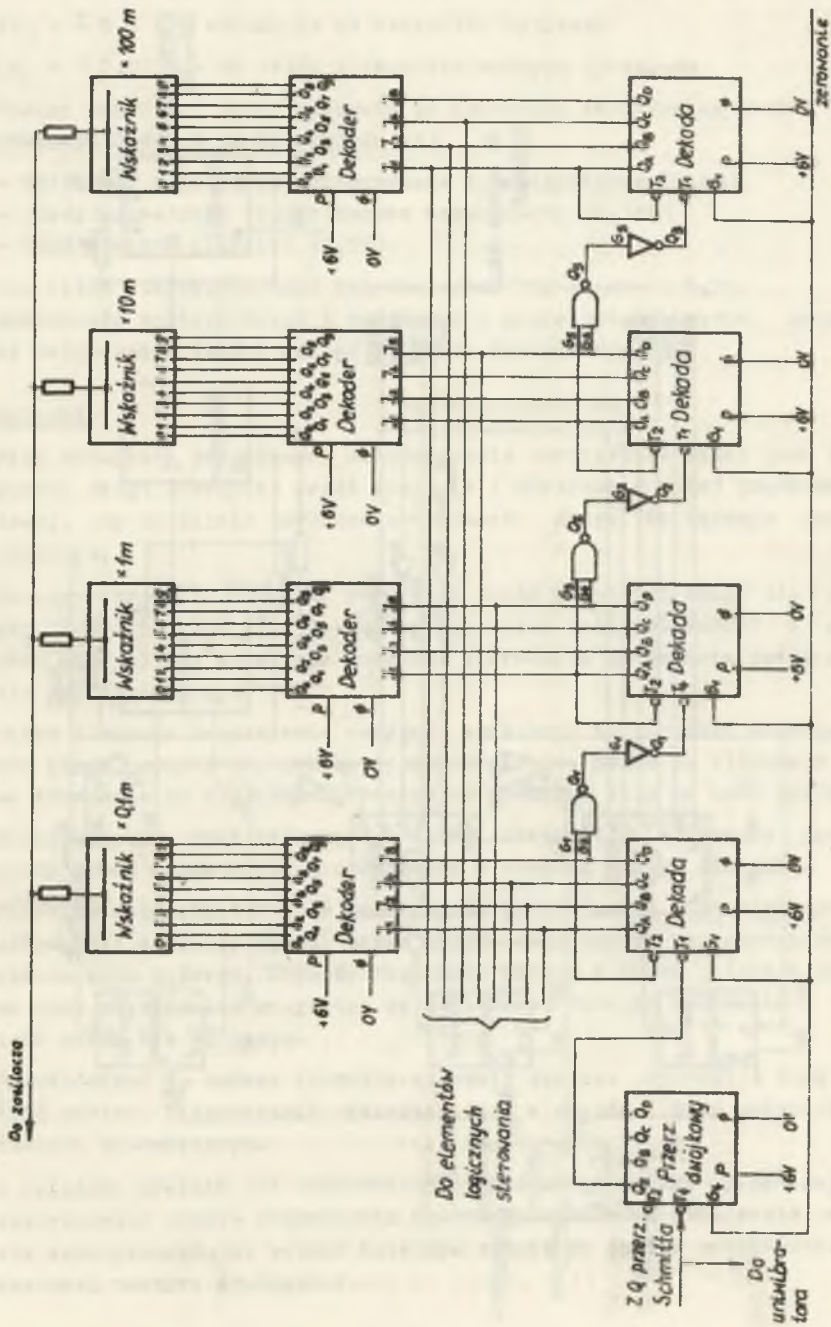
Dekoder ma za zadanie jednoznaczne rozszyfrowanie licznika i przekazywanie informacji do wskaźnika cyfrowego.

Wskaźnik cyfrowy umożliwia obserwację przebiegu jazdy i położenia naczynia wydobywczego. Zastosowano tu lampy jarzeniowe cyfrowe produkcji krajowej.

Układ pomiaru prędkości jazdy składa się z przerzutnika monostabilnego, integratora i wskaźnika prędkości. Przerzutnik monostabilny przetwarza impulsy z przerzutnika Schmitta na impulsy prostokątne o stałej amplitudzie i stałym czasie trwania. Impulsy te są podawane do integratora, który spełnia rolę przetwornika cyfrowo-analogowego. W integratorze płynie prąd, którego wartość średnia jest proporcjonalna do obrotów koła pędnego. Jako wskaźnik prędkości zastosowano miernik magnetoelektryczny kl. 0,5.

Komparatory napięcia zbudowano w oparciu o wzmacniacze operacyjne. Zadaniem ich jest podawanie impulsów na układy logiczne z chwilą osiągnięcia prędkości ustalonej V_u i prędkości dojazdowej V_d .

Zespół elementów logicznych ma za zadanie, po otrzymaniu odpowiedniej sumy informacji o położeniu naczynia wydobywczego w szybie (z liczników elektronowych) i prędkości jazdy (z komparatorów napięcia), przesłanie jednoznacznej dyspozycji (przyspieszenie, jazda ustalona, hamowanie) do układu sterowniczego maszyny wyciągowej. Schemat tego zespołu przedstawiono na rys. 5. Zespół ten został opracowany na elementach logicznych typu NAND i NOR, przerzutników dwójkowych oraz wzmacniaczy wyjściowych.



Rys. 4. Schemat połączeń licznika drogi

3. Ocena dokładności pracy układu

Pomiar drogi jest realizowany z błędem bezwzględnym

$$\Delta s_1 = \pm 0,1 \text{ m} - \text{wskazania na wskaźniku cyfrowym}$$

$$\Delta s_2 = \pm 0,05 \text{ m} - \text{do celów sterowania maszyną wyciągową}$$

Pomiar prędkości jazdy naczynia na wskaźniku realizowany jest z błędem procentowym $\delta \% = \pm 1\%$ ze względu na:

- zmienność pojemności kondensatora w integratorze (0,4%)
- niezrównoważenie temperaturowe wzmacniaczy (0,11%)
- błąd wskazań miernika (0,5%)

Dla celów sterowania błąd ten zmniejsza się do około 0,5%.

Dokładność pomiaru drogi i prędkości w miarę potrzeb można zwiększyć przez zwiększenie ilości wycięć w tarczy tachometrycznej.

4. Wnioski

Przy maszynach pracujących automatycznie szczególnie ważny jest dokładny pomiar drogi przebytej przez naczynie i utrzymanie małej prędkości dojazdowej, aby umożliwić dokładne zatrzymanie skipu na żądanym poziomie wyładowniczym.

- a) Zastosowany układ kontroli prędkości jazdy w funkcji drogi dla dowolnej ilości punktów (dla zastosowanej tarczy tachometrycznej w odstępach oo 0,05 m), umożliwia dokładne sterowanie prędkością jazdy naczynia wydobywczego.
- b) Układ licznika samoczynnie koryguje wskazania na początku każdego cyklu pracy maszyny stykiem krańcowym w szybie, przez co eliminuje błędne wskazania ze względu na ewentualne poślizgi liny na kole pędnym.
- c) Układ licznika umożliwia bardzo łatwe ewentualne korektury programu jazdy przez odpowiednie przełączenia w obrębie samego licznika.
- d) Przeniesienie obrotów koła pędnego do przetwornika fotoelektrycznego odbywa się w prosty sposób przez przyłożenie tarczy tachometrycznej do obwodu koła pędnego. Sprzężenie oierne tarczy z kołem pędym w praktyce jest najbardziej przydatne ze względu na łatwość wykonania i pewność pracy bez poślizgu.
- e) Przewidziane do budowy licznika elementy scalone zapewniają dużą pewność układu, niezmiennosc charakterystyk w czasie i przy zmiennych warunkach zewnętrznych.
- f) W dalszych pracach nad ulepszeniem opracowanego układu przewiduje się uzależnienie punktu rozpoczęcia hamowania układu od obciążenia naczynia wydobywczego, co będzie kolejnym etapem na drodze zwiększenia wydajności maszyny wyciągowej.

LITERATURA

1. Baranowski J.: Półprzewodnikowe elementy układów impulsowych, Warszawa WNT 1969.
2. Bogdanow I.W.: Cyfrowy pomiar częstotliwości, Warszawa WKŁ 1966.
3. Cyran A., Grzybek M., Marczewski M., Pieńkoś J.: Elementy i układy cyfrowe - logister, Warszawa WKŁ 1971.
4. Jaczewski J.: Układy logiczne dla zastosowań przemysłowych, Warszawa PWN 1970.
5. Katalogi firmy Philips.
6. Pałoczyński B., Stefański W.: Projektowanie układów z przyrządami półprzewodnikowymi, Warszawa WKŁ - 1971.
7. Sowiński A.: Cyfrowa technika pomiarowa, Warszawa WKŁ 1967.

ИМПУЛЬСНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ПОДЪЕМНЫХ МАШИН

Р е з ю м е

В статье представлен проект импульсных систем, которые могут быть использованы для регулирования скорости автоматических подъемных машин с двигателем постоянного тока. Система в целом построена при помощи интегральных логических элементов. Система обеспечивает регулирование с точностью до 0,05 м.

PULSE CONTROL UNIT FOR MINE HOIST

S u m m a r y

The project of pulse control unit, which can be used for speed control of mine hoist with Ward-Leonard drives or with ac motors, is described in this paper. In the construction only integrated discrete circuits are used. In automatic control system of mine hoist the unit makes possible to obtain accuracy up to 0,05 m.