

ANEKS

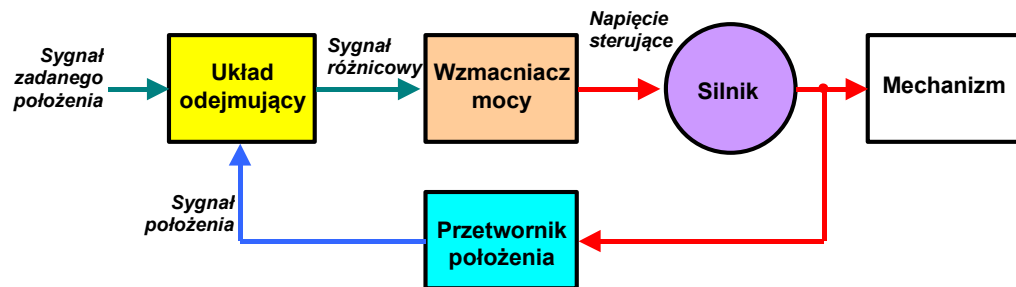
- modelowanie napięciowego sterowania silnika za pomocą wypełnienia impulsów (PWM)

A. WPROWADZENIE

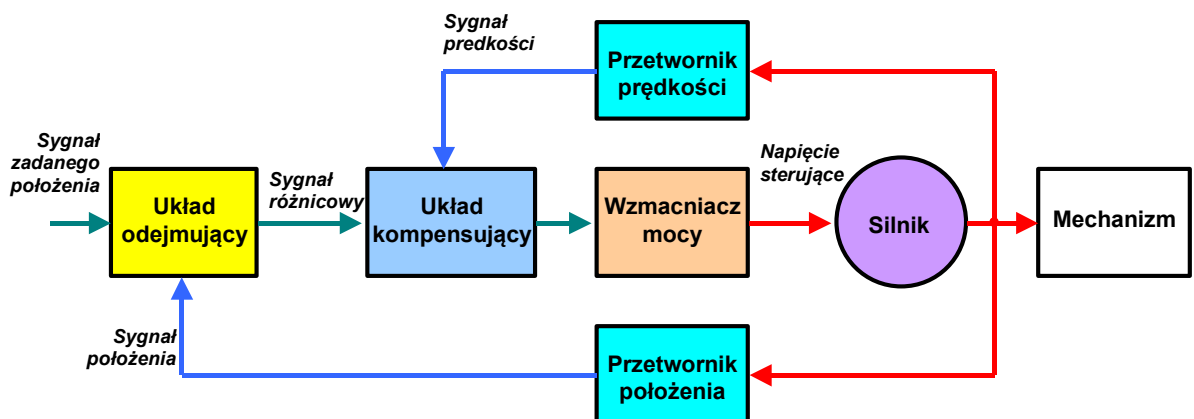
W przypadku silników prądu stałego ze wzbudzeniem od magnesu trwałego wielkością sterującą jest napięcie zasilające u .

A.1. Silniki prądu stałego w układach prędkościowych i pozycjonujących

Ze względu na brak wyróżnionych sterowanych położenia wirnika silnika prądu stałego pozycjonowanie w układzie napędowym z takim silnikiem wymaga sterowania z wykorzystaniem położeniowego sprzężenia zwrotnego. Na rysunku 1.3 przedstawiono schemat blokowy napędu, w którym do pomiaru położenia zastosowano przetwornik analogowy np. w postaci precyzyjnego potencjometru. Wprowadzenie dodatkowej pętli prędkościowego sprzężenia zwrotnego (rys. 1.4) umożliwia poprawienie dynamicznych właściwości układu.



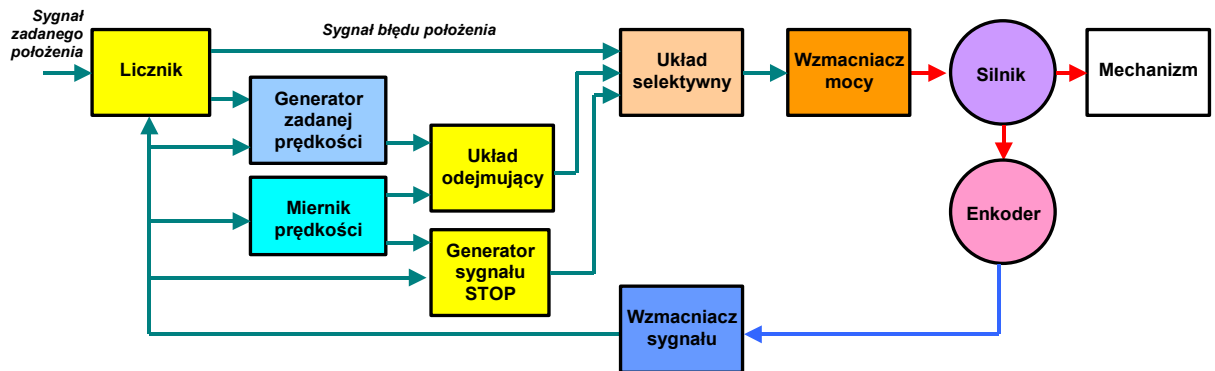
Rys. 1.3. Napęd pozycjonujący z mikrosilnikiem prądu stałego



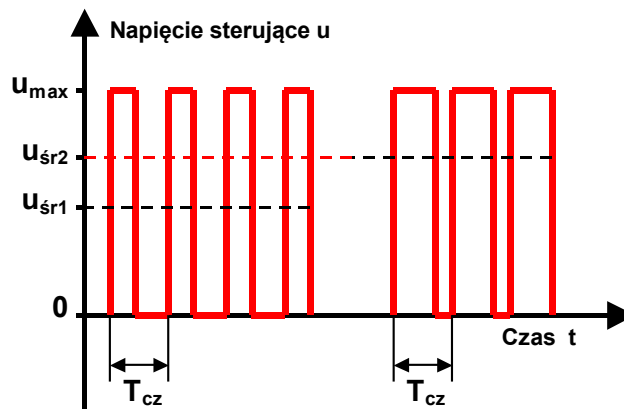
Rys. 1.4. Napęd pozycjonujący z kompensacją prędkościową

Obecnie dominują rozwiązania w których do pomiaru przemieszczenia stosuje się przetworniki z wzorcem inkrementalnym (tzw. enkodery) (rys. 1.5), często zintegrowane z silnikiem napędowym. Ciąg impulsów z przetwornika o liczbie proporcjonalnej do przemieszczenia i częstotliwości proporcjonalnej do prędkości kątowej wałka silnika jest zamieniany na sygnały położenia i prędkości, które stanowią podstawę do obliczenia napięcia steru-

jącego silnik. W tego typu cyfrowych układach sterujących powszechnie stosowane jest impulsowe sterowanie silnika, które polega na tym, że średnie napięcie zasilania jest wynikiem stopnia wypełnienia prostokątnych impulsów napięciowych o znacznej częstotliwości doprowadzanych do wyprowadzeń silnika (rys. 1.6). Ten sposób sterowania znany jest pod skrótowym określeniem *PWM* (ang. *Pulse-Width Modulation*).



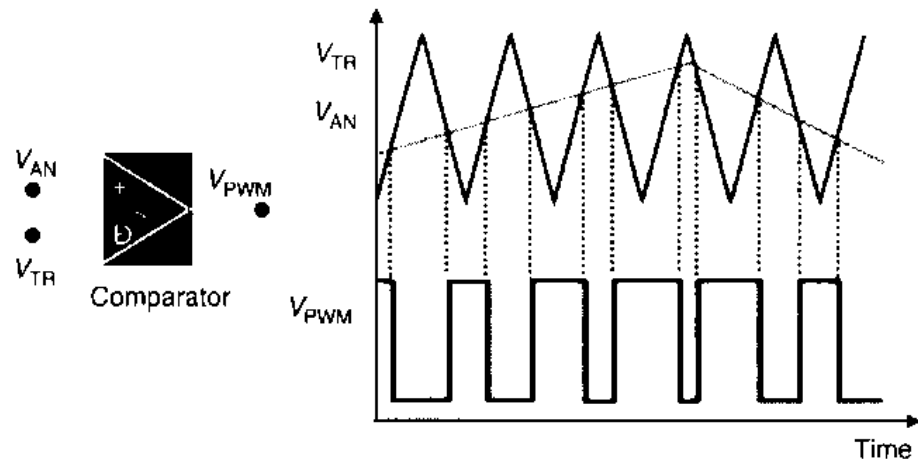
Rys. 1.5. Schemat blokowy szybkiego układu pozycjonującego z inkrementalnym przetwornikiem przemieszczenia



Rys. 1.6. Impulsowe sterowanie silnika prądu stałego wg [3];
 T_{cz} – okres impulsowania (czoperowania), u_{sr1} , u_{sr2} – średnie napięcia zasilania zależne od wypełnienia impulsów

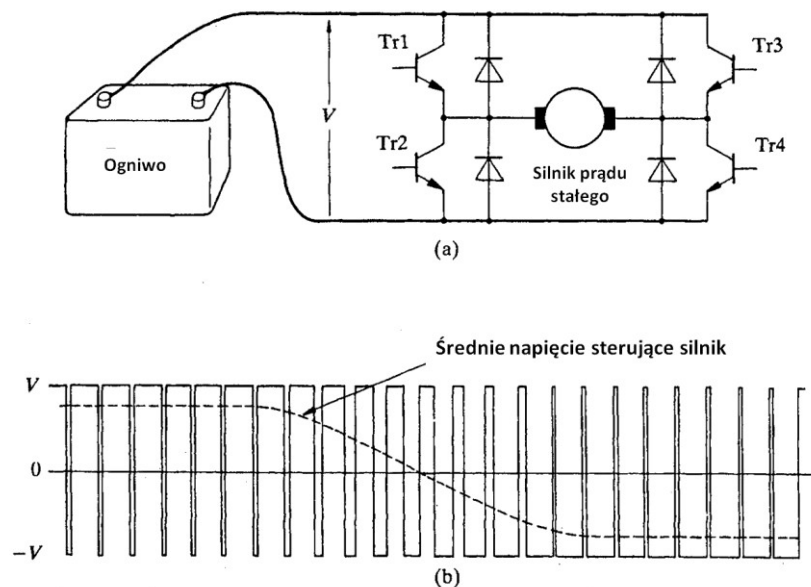
Przy budowaniu układów zasilania impulsowego jednym z podstawowych założeń jest częstotliwość nośna. Ze względu na potrzebę ograniczenia hałasu, częstotliwość ta przyjmowana jest powyżej progu słyszalności człowieka, tj. 20 kHz. Z kolei wzrost strat w układzie przełączającym przy rosnącej częstotliwości nośnej powoduje, że jej wartość jest ograniczana od góry do około 40 kHz. Inaczej wygląda to w przemysłowych aplikacjach układów dużej mocy. Tutaj częstotliwość tę przyjmuje się poniżej 500 Hz.

Innym wymaganiem formułowanym przy projektowaniu sterownika jest jego rozdzielczość. W przypadku sterownika 8-bitowego możliwe jest zadawanie 256 stopni wypełnienia impulsów. Sygnał PWM może być łatwo generowany w układzie komparatora porównującego sygnał analogowy z chwilowymi wartościami fali trójkątnej (rys. 1.7).



Rys. 1.7. Generowanie fali prostokątnej o zmodulowanym wypełnieniu z wykorzystaniem sygnału analogowego

W przypadku wymaganej dwukierunkowej pracy silnika prądu stałego modulację można osiągnąć przez sterowanie klucze tranzystorowych, najczęściej typu MOSFET lub IGBT, tworzących tzw. mostek „H” (rys. 1.8).



Rys. 1.8. Mostek tranzystorowy typu „H” do dwukierunkowego sterowania silnika prądu stałego (a) i przykładowy przebieg zmodulowanego napięcia zasilającego silnik (b):
Tr1 – Tr4 – tranzystory przełączające [3]

A.2. Cel ćwiczenia

1. Zapoznanie się z zasadami modelowania układów dyskretnych w języku *SIMULINK*.
2. Wykorzystanie języka *SIMULINK* do zamodelowania układu sterującego.

B. PRZEDMIOT ĆWICZENIA

Przedmiotem ćwiczenia jest model impulsowego układu sterowania silnika prądu stałego.

C. WYKONANIE ĆWICZENIA

C.1. Opracowanie modelu sterownika

W języku *SIMULINK* opracować model sterownika generujący unipolarną prostokątną falę napięcia z wypełnieniem impulsów modulowanym za pomocą zewnętrznego sygnału analogowego. Maksymalną wartość napięcia ustawić na poziomie katalogowego napięcia zamodelowanego silnika. Częstotliwość nośną przyjąć pomiędzy 20 kHz i 40 kHz. Sprawdzić możliwość sterowania średnim napięciem za pomocą zewnętrznego sygnału analogowego.

C.2. Uruchomienie modelu silnika

Dołączyć model układu sterującego do modelu silnika. Zbadać liniowe rozprędzanie i hamowanie silnika za pomocą sterownika. Przeprowadzić eksperymenty sprawdzające wrażliwość silnika na częstotliwość nośną. Dla średniej wartości napięcia zasilania równej połowie napięcia znamionowego sprawdzić, przy jakiej częstotliwości impulsów wystąpią zauważalne wahania prędkości silnika.

D. SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA

W sprawozdaniu z ćwiczenia należy zamieścić:

- a) symulacyjny model układu sterującego - wydruk schematu blokowego z programu *SIMULINK* (p. C.1) wraz ze szczegółowym opisem,
- b) przebiegi napięcia ze sterownika (p. C.2),
- c) przebiegi prędkości silnika ilustrujące wpływ sposobu sterowania na pracę silnika (p. C.2).

E. LITERATURA

1. Bishop R. H. (Ed.): *Mechatronic systems. Sensors and actuators. Fundamentals and modeling*. CRC Press. Boca Raton 2008
2. Jucker E.: *Physical Properties of Small DC Motors Using an Ironless Rotor*. Portescap, La Chaux-de-Fonds. Switzerland, 1974
3. Kenjo T. *Electric Motors and their Controls. An Introduction*. Oxford Science Publications. Oxford 2003 Kenjo T., Nagamori C.: *Dvigateli postojannogo toka s postojannymi magnitami*. Énergoatomizdat. Moskwa 1989
4. Mrozek B., Mrozek Z.: *MATLAB i Simulink. Poradnik użytkownika*. Wyd. Helion. Gliwice 2004
5. Mrozek B., Mrozek Z.: *Matlab 5.x. Simulink 2.x. Poradnik użytkownika*. Wyd. PLJ. Warszawa 1998
6. Sochocki R.: *Mikromaszyny elektryczne*. OWPW. Warszawa 1996