

UNIwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy  
Wydział Inżynierii Mechanicznej  
Instytut Eksploatacji Maszyn i Transportu  
**Zakład Sterowania**



## **ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA**

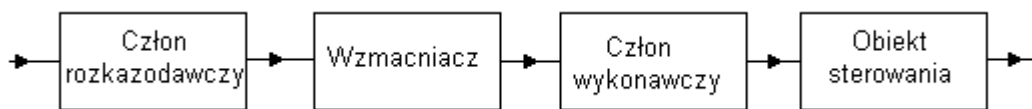
ĆWICZENIE: **E13**

### **BADANIE ELEMENTÓW UKŁADÓW AUTOMATYCZNEGO STEROWANIA**

Piotr Kolber, Daniel Perczyński  
Bydgoszcz 2011

## 1. Budowa i zasada działania elementów układów automatycznego sterowania

Układy automatyki napędu elektrycznego można podzielić na dwa zasadnicze rodzaje: automatycznego sterowania i automatycznej regulacji. Przedmiotem ćwiczeń będą układy automatycznego sterowania (UAS). Każdy z tych układów składa się z kilku, połączonych członów, które można przedstawić na schemacie blokowym (rys. 1). Człony te odpowiadają funkcjom spełnianym w rzeczywistym układzie. Na rys. 1 pokazano schemat blokowy układu automatycznego sterowania (UAS), Strzałki wskazują wskakują kierunek przepływu sygnału.



Rys. 1. Schemat blokowy układu automatycznego sterowania

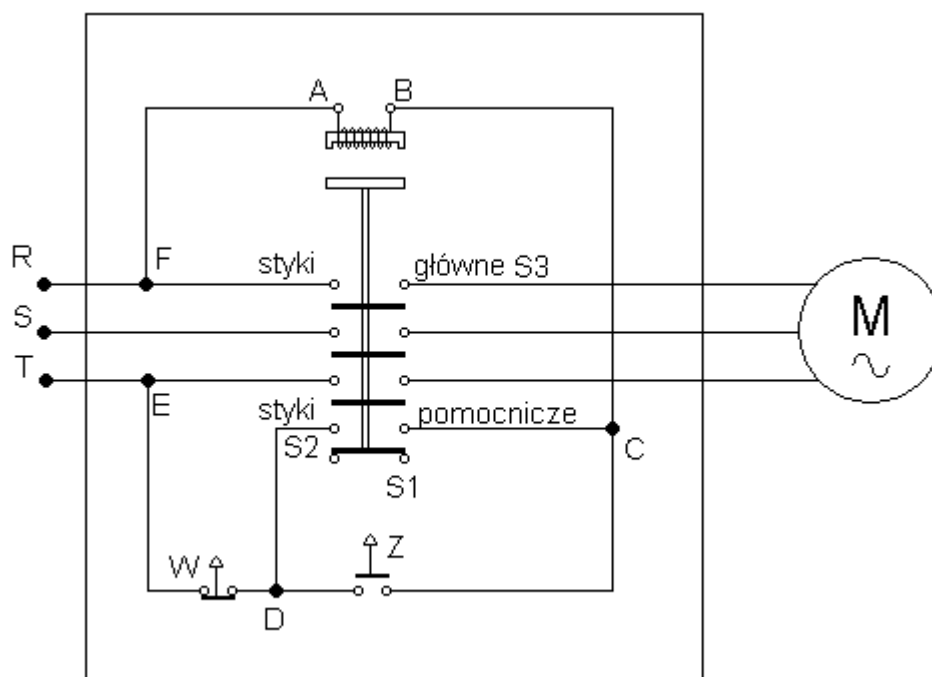
W układzie tym rozkaz przychodzący z zewnątrz powoduje uruchomienie układu samoczynnie sterującego obiektem. Efekt pracy układu nie ma jednak wpływu na zmianę rozkazu. Ze względu na brak oddziaływania zwrotnego z wyjścia na wejście; UAS zwane są inaczej układami otwartymi. Układy automatycznego sterowania znalazły olbrzymie zastosowanie we wszystkich gałęziach przemysłu. Wykorzystuje się je do realizacji takich czynności jak: rozruch, hamowanie i nawrót silnika elektrycznego, sterowanie napędem wielosilnikowym w obrabiarkach, urządzeniach dźwigowych itp. Elementy UAS w zależności od ich przeznaczenia i działania można podzielić na następujące grupy: aparaty przełączające prąd roboczy w obwodach głównych silnika (styczniki), przekaźniki, łączniki sterownicze oraz urządzenia sygnalizacyjne.

### 1.1. Stycznik elektromagnetyczny

Stycznik elektromagnetyczny jest łącznikiem roboczym sterowanym elektrycznie, przeznaczonym do częstych łączeń obwodów elektrycznych normalnych warunkach pracy. Stycznik elektromagnetyczny składa się z elektromagnesu przyciągającego ruchomą zworę i utrzymującego ją w położeniu zamkniętym, zespołu styków głównych (roboczych) i zespołu styków pomocniczych.

Styki główne są zazwyczaj otwarte, a styki pomocnicze muszą być normalnie otwarte i normalnie zamknięte.

Styki normalnie otwarte są to takie styki, które w stanie beznapięciowym stycznika są otwarte, a styki normalnie zamknięte to takie styki, które w stanie beznapięciowym stycznika są zamknięte. Gdy przez cewkę stycznika płynie prąd styki główne zamykają się, zaś styki normalnie otwarte zamykają się, a normalnie zamknięte otwierają się. Otwieranie styków głównych następuje po przerwaniu obwodu zasilającego elektromagnes, czyli obwodu sterującego, wskutek działania ciężaru zwory i siły sprężyny. Na rys. 2 pokazany jest układ połączeń stycznika przeznaczonego do załączania i wyłączania silnika klatkowego za pomocą przycisków sterowniczych.



Rys.2. Schemat połączeń stycznika do załączania i wyłączania silnika klatkowego

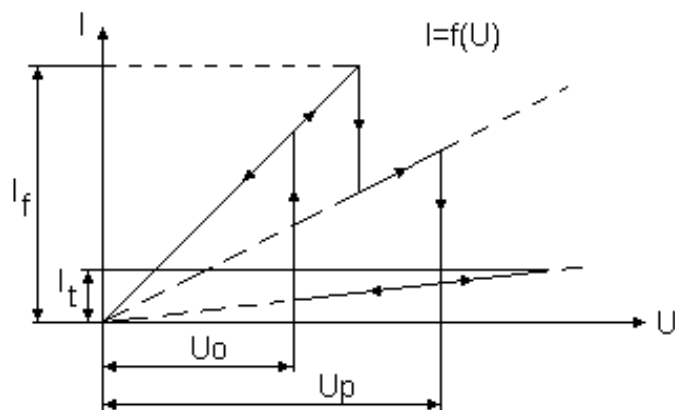
Naciśnięcie przycisku załączającego Z spowoduje zamknięcie obwodu A B C D E F cewki elektromagnesu, która przyciąga zworę i związane z nią sztywno styki ruchome, wobec czego styki główne  $S_3$  zostaną zamknięte, styki normalnie otwarte – zamknięte, zaś styki normalnie zamknięte – otwarte, w tym układzie sterowane urządzenie elektryczne, np. silnik indukcyjny M, rozpoczyna pracę.

Pomimo zwolnienia nacisku na przycisk włączający  $Z$  przez cewkę elektromagnesu nadal płynie prąd, gdyż zamknięte styki  $S_1$  zapewniają zamknięcie obwodu sterującego.

Aby rozewrzeć styki główne należy przycisnąć przycisk włączający  $W$ , co spowoduje przerwanie obwodu cewki elektrycznej (obwodu sterującego) i odpadnięcie zwory od rdzenia. Jednocześnie z otwarciem styków głównych  $S$  otwierają się styki pomocnicze normalnie zamknięte  $S_2$ .

Ponowne włączenie urządzenia jest możliwe tylko przy powtórnym naciśnięciu przycisku sterowniczego włączającego  $Z$ .

Charakterystyczną własnością styczników elektromagnetycznych jest ich charakterystyka prądowo napięciowa, przedstawiona na Rys. 3.



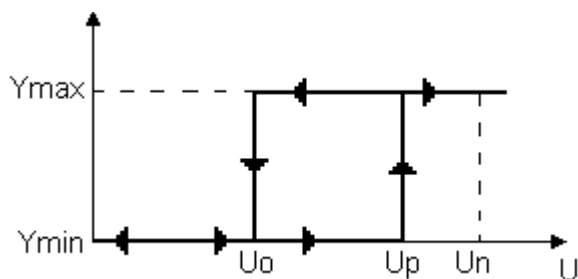
Rys. 3. Charakterystyka prądowo-napięciowa stycznika elektromagnetycznego

Z charakterystyki prądowo-napięciowej  $I = f(U)$  wynika, że prąd w obwodzie sterującym stycznika przed przyciągnięciem zwory  $I_p$  ma znacznie większą wartość niż prąd trzymania zwory  $I_t$ . Zjawisko to tłumaczy się tym, że przy niewielkim napięciu na cewce elektromagnesu zwora jest znacznie oddalona od rdzenia i wskutek tego reaktancja indukcyjna  $X_l$  cewki jest niewielka.

Po zbliżeniu zwory do rdzenia i zmniejszeniu szczeliny powietrznej do minimum, strumień magnetyczny wytworzony przez elektromagnes, zamyka się prawie całkowicie przez rdzeń stalowy, co powoduje zwiększenie, w stosunku do poprzedniego stanu, reaktancji indukcyjnej cewki, a tym samym i zmniejszenie wartości prądu pobieranego przez cewkę stycznika.

Na rys. 4 pokazano charakterystykę sterowania stycznika, tzn. zależność sygnału wyjściowego  $Y$  (stanu zestyków) w funkcji sygnału wejściowego (napięcia  $U$  przyłożonego do cewki). Przy zwiększaniu napięcia cewki od zera do  $U_p$  (napięcia przyciągania zwory), wartość parametru  $Y_{\min} = 0$ . Dla  $U_p = U$  stycznik zadziała i parametr  $Y$  zmienia się skokowo do wartości  $Y_{\max}$ .

Przy dalszym zwiększaniu napięcia od wartości znamionowej  $U_n$  parametr  $Y$  pozostaje stały. Zmieniając napięcie od  $U_n$  do  $U_o$  (napięcie odpadania zwory) - wartość parametru  $Y$  nie ulega zmianie. Dopiero przy wartości napięcia  $U = U_o$  stycznik otwiera swoje zestyki tzn. parametr  $Y$  skokowo maleje do  $Y_{\min}$ .



Rys. 4. Charakterystyka sterowania stycznika

Stosunek  $k_p = \frac{U_o}{U}$  nazywa się współczynnikiem powrotu, natomiast stosunek sygnałów  $U_n$  do  $U_p$  -  $k_z = \frac{U_n}{U_p}$  współczynnikiem zapasu. Dla aktualnie produkowanych styczników współczynnik powrotu wynosi około 0,5; natomiast współczynnik zapasu około 1,2. Styczniki charakteryzują się dużą częstotliwością łączy do 2000 łączy na godz. Możliwe to jest dzięki zastosowaniu urządzeń do gaszenia łuku i wprowadzeniu samoczyszczących się styków, które ślizgają się po sobie i toczą.

## 1.2. Przekaznik

Przekaznik jest aparatem, który pod wpływem działającej na niego zmiany wielkości fizycznej steruje obwodami elektrycznymi. Ze względu na parametr wpływający na działanie, rozróżnia się przekazniki: napięciowe, prądowe, czasowe,

termiczne, kierunkowe (kierunek). W praktyce najczęściej wykorzystuje się przekaźniki pośredniczącej (napięciowe), czasowe i termiczne.

**Przekaźniki termiczne** przeznaczone są do zabezpieczeń przed skutkami przeciążeń silników elektrycznych (przy współpracy ze stycznikami). Działanie ich oparte jest o wykorzystanie własności termobimetalu. Pasek bimetalowy w przekaźniku nagrzewany jest prądem płynącym bądź bezpośrednio w pasku, bądź też w grzejniku nawiniętym wokół bimetalu. Gdy natężenie prądu przekroczy pewną wartość pasek bimetaliczny nagrzewa się do takiej temperatury, że jego wygięcie powoduje rozwarcie zestyków łącznika i przerwanie obwodu cewki współpracującego z przekaźnikiem stycznika. Nastawienie prądów zadziałania zabezpieczeń termicznych uzyskuje się poprzez zmianę długości drogi, jaką winien przebyć odchylający się koniec: płytki bimetalowej do chwili zadziałania. Wartość natężenia prądu, jaki nastawia się na przekaźniku, zależy od prądu znamionowego silnika i powinna zawierać się w granicach:

$$I_n < I < 1,1I_n$$

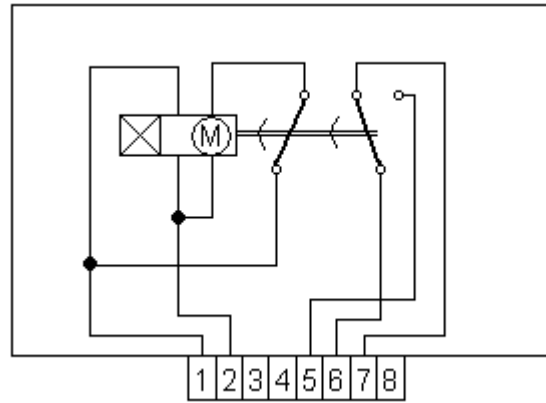
gdzie:

$I_n$  - prąd znamionowy silnika.

Przekaźniki termiczne wykonywane są w pewnych przedziałach prądowych i często bywają, montowane razem ze stycznikiem.

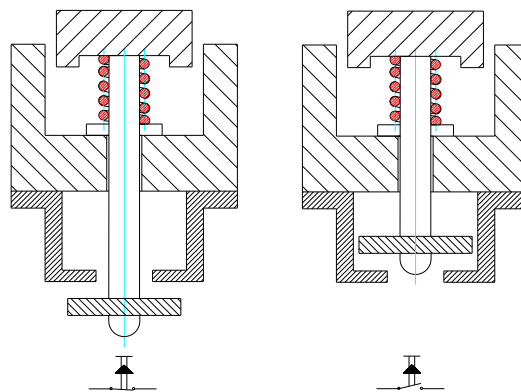
**Przekaźniki czasowe** dokonują przełączeń swych zestyków z pewnym opóźnieniem od chwili pojawienia się lub zniknięcia sygnału sterującego na jego zaciskach. Mają one zastosowanie w tych układach sterowania, w których występuje zależność czasowa między działaniem poszczególnych elementów. W praktyce najczęściej stosuje się przekaźniki synchroniczne lub elektromechaniczne.

**Przekaźniki czasowe synchroniczne** składają się z miniaturowego silnika synchronicznego, przekładni zębatej, elektromagnesu, zespołu zestyków oraz części nastawczych czasu zadziałania. Schemat takiego przekaźnika typu RS-521 pokazany jest na Rys. 5.



Rys. 5. Schemat budowy przekaźnika czasowego synchronicznego typu RS-521

Jego działanie rozpoczyna się w chwili załączenia zacisków 1-2 napięcia wzbudzenia, uruchomiony zostaje silnik M oraz wzbudzona cewka elektromagnesu. Po upływie nastawionego na podziałce czasu, następuje przełączenie zestyków zwłoczných (5-6-7). Powrót przekaźnika do położenia wyjściowego następuje z chwilą przerwania obwodu wzbudzenia. Przyciski sterownicze rys. 6. służą do zamykania i otwierania obwodów sterowniczych. Używa się ich do sterowania stycznikami. Mogą być pojedyncze, podwójne lub potrójne.



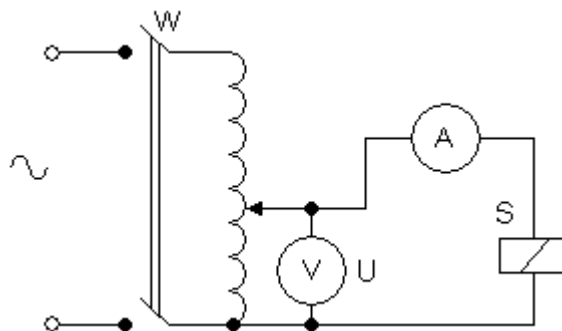
Rys. 6. Budowa i oznaczenie przycisków sterowniczych

## 2. Pomiary laboratoryjne

### I. Badanie elementów automatyki.

1. Pomiar napięcia przyciągania zwory i wyznaczenie charakterystyki prądowo-napięciowej stycznika elektromagnetycznego.

a) połączyć układ pomiarowy wg schematu na Rys. 7.



Rys. 7. Schemat układu pomiarowego do wyznaczania charakterystyki stycznika  
*S* - cewka stycznika

- b) powoli zwiększając napięcie dokonywać pomiarów prądu i napięcia - zaobserwować moment chwytania zwory, obniżając napięcie zaobserwować moment odpadania zwory (pomiar powtórzyć trzykrotnie),
- c) wyniki pomiarów notować w tablicy 1 jak poniżej, ponadto zaznaczyć  $U_p$ ,  $I_p$ ,  $U_o$ ,  $I_o$ ,  $I_{nt}$ ,  $I_t$

Tablica 1.

U	V				
I	A				

2. Na podstawie pomiarów wyznaczyć charakterystykę prądowo-napięciową stycznika

$$U_p = \dots\dots\dots$$

$$I_p = \dots\dots\dots$$

$$U_o = \dots\dots\dots$$

$$I_o = \dots\dots\dots$$

$$I_t = \dots\dots\dots$$

$$I_{nt} = \dots\dots\dots$$

- d) obliczyć moc pobieraną przez cewkę stycznika podczas pracy znamionowej (zapoznać się z tabliczką znamionową)
- e) wyznaczyć charakterystykę sterowania, współczynnik powrotu  $k_p$  oraz współczynnik zapasu  $k_z$  stycznika.

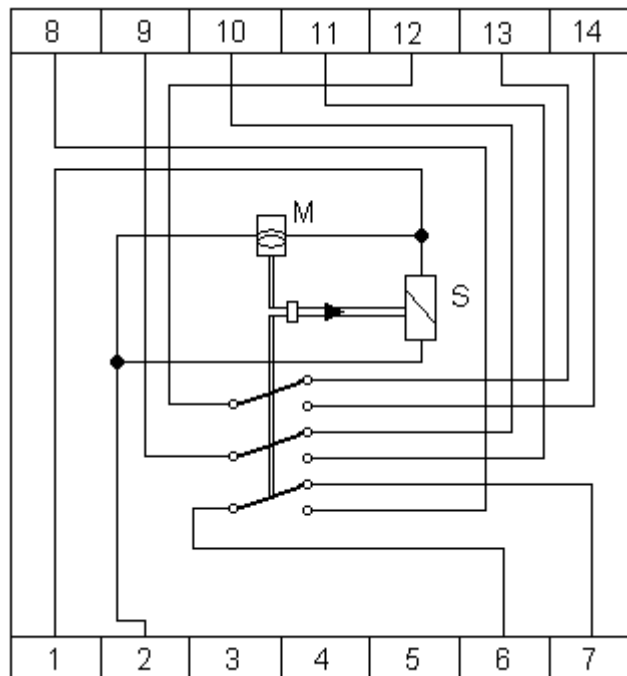


2. Badanie przekaźnika czasowego synchronicznego RS-545

- a) zapoznać się z budową przekaźnika i opisać ją,
- b) dołączyć napięcie zasilające do przekaźnika (zgodnie z tabliczka znamionową) i uruchomić go,
- c) zmierzyć czas zadziałania przekaźnika.

3. Badanie przekaźnika czasowego typu RZw

- a) zapoznać się z budową przekaźnika oraz z jego schematem na rys. 8 i opisać zasadę działania przekaźnika,



Rys. 8. Schemat budowy przekaźnika czasowego RZw

- b) dołączyć napięcie zasilające do przekaźnika i uruchomić go dla kilku nastawień czasu.
  - c) zmierzyć czasy zadziałania przekaźnika.
4. Oględziny przekaźnika typu R-15 - zapoznanie się z budową i zasadą działania oraz danymi katalogowymi.
5. Podać kilka możliwości zastosowań każdego z poznanych elementów z uwzględnieniem maszyn i urządzeń rolniczych.

6. Wnioski.
7. Podać numery i dane przyrządów użytych do pomiarów.

### **3. Zagadnienia do przygotowania**

1. Budowa i zastosowanie styczników elektromagnetycznych.
2. Budowa i zastosowanie przekaźników czasowych.

### **Literatura**

1. Chęciński B., Ksycki P., Mierzbiczak J.: „Laboratorium elektrotechniki i elektroniki”, Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 1978.
2. Chmielarz J.: „Elementy i podzespoły stykowych urządzeń elektrycznych sterowanych i sygnalizacyjnych”. WNT, Warszawa, 1978.
3. Majerowska Z.: „Laboratorium elektrotechniki ogólnej. Maszyny elektryczne”. Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1979.
4. Majka K., Tymiński J.: „Elektryfikacja rolnictwa”, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1979.
5. Opydo W.: „Elektrotechnika i elektronika dla studentów wydziałów nielektrycznych”, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005.
6. Opydo W., Kulesza K., Twardosz G.: „Urządzenia elektryczne i elektroniczne przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych”, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2002.
7. Przeździecki F., Opolski A.: „Elektrotechnika i elektronika”, PWN, Warszawa, 1986.
8. Sawicki F., Piechocki J., Orliński J.: „Laboratorium z elektrotechniki dla mechaników”, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 2001.