Podstawy Automatyki

Politechnika Poznańska
Katedra Sterowania i Inżynierii Systemów

ĆWICZENIE 3 β

Sterowanie poziomem cieczy w zbiornikach

Celem niniejszego ćwiczenia jest zapoznanie studenta z takimi pojęciami jak przekaźnik, stycznik, wyłącznik krańcowy, przycisk, układ sterowania z samopodtrzymaniem, czy też odpowiedź skokowa obiektu całkującego.
Zagadnienia te zostaną zaprezentowane na przykładzie zbiornika z cieczą (dokładnie dwóch) oraz tablicy ćwiczeniowej składającej się z odpowiednich przekaźników i aparatury pomocniczej.

1 Elementy stykowych układów sterowania

Układy sterowania elektrycznego składają się najczęściej ze źródeł energii elektrycznej(zasilaczy), różnego rodzaju urządzeń sterujących (łączniki, przekaźniki, styczniki, wyłączniki mocy), urządzeń sygnalizacyjnych (buczki, lampki, wskaźniki), urządzeń zabezpieczających (bezpieczniki), z elektrycznych elementów wykonawczych (silniki, elektromagnesy, silniki krokowe itp.), a także z innych elementów np. filtrów, liczników energii, mierników i przetworników, przekładników prądowych i napięciowych .

Jeżeli sterowanie realizowane jest przez przełączanie styków elektrycznych (kontaktów) to takie sterowanie nazywa się sterowaniem stycznikowym, jeżeli sterowanie odbywa się bez użycia styków (funkcje styku wypełniają elementy elektroniczne np. tyrystory, triaki, tranzystory) to sterowanie nazywa się bezstykowym lub elektronicznym.

Sterowanie stycznikowe polega na logicznym przełączaniu obwodów elektrycznych przy pomocy styków elektrycznych.

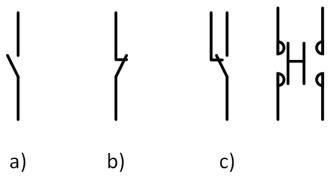
Dla przejrzystego przedstawienia zasad działania elektrycznego układu sterowania (i do jego budowy) tworzy się schematy połączeń urządzeń. Każde urządzenie przedstawiane jest na schemacie w postaci znormalizowanego symbolu graficznego [5].

1.1 Styki

Styki elektryczne zamyka się i otwiera z wykorzystaniem różnego rodzaju energii (ręcznie, mechanicznie, magnetycznie, elektromagnetycznie. Styki elektryczne tworzą tzw. zestyk. Zestyki mogą być (rys. 1):

12/01/2016

- zwierne („no”- normalnie otwarty) – w stanie bez wymuszenia zestyk jest otwarty, zamknie się po podaniu wymuszenia np. naciśnięcia działającej na niego dźwigni,
- rozwierne („nz” , „nc” – normalnie zamknięty) – w stanie bez wymuszenia zestyk jest zamknięty, po podaniu wymuszenia zestyk otworzy się,
- przełączne – złożone z zestyku zwiernego i rozwiernego o wspólnym elemencie ruchomym. Po podaniu wymuszenia następuje zamknięcie zestyku zwiernego i jednocześnie otwarcie zestyku rozwiernego



Rysunek 1: Typy zestyków elektrycznych: a) NO (normalnie otwarty) – zwierny, b) NZ (normalnie zamknięty) – rozwierny, c) przełączny

1.1.1 Łączniki

Łączniki napędzane ręcznie przez naciśnięcie noszą nazwę **przycisków**.
Łączniki napędzane mechanicznie to **wyłączniki krańcowe** (przełączane poruszającym się elementem mechanicznym po osiągnięciu przez mechanizm skrajnego położenia.
Łączniki zbliżeniowe (elektroniczne) to:

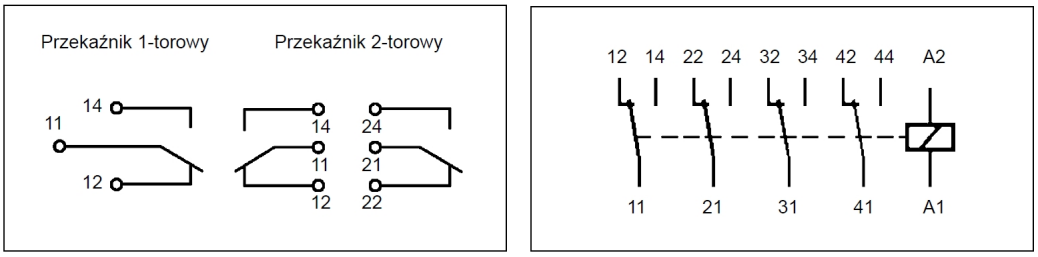
- łączniki indukcyjne – reagują przestawieniem styków wyjściowych po wprowadzeniu w strefę działania łącznika przedmiotu metalowego,
- łączniki pojemnościowe – reagują przestawieniem styków wyjściowych po wprowadzeniu w strefę działania łącznika przedmiotu z metalu lub dielektryka (szkło, tworzywo sztuczne),
- łączniki optyczne – przestawiają styki wyjściowe po przerwaniu odbitego od obiektu promienia świetlnego (działają w podczerwieni),
- łączniki ultradźwiękowe – przestawiają styki wyjściowe po przekroczeniu mierzonej odległości do obiektu (w stosunku do zadanej) [5].

1.1.2 Oznaczenia zacisków

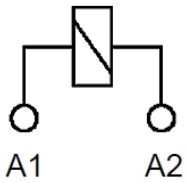
Oznaczenia zacisków zgodnie z normą PN-EN 50005.
Zaciski zestyków (rys. 2) są zawsze oznaczone cyfrowo, są one identyfikowane za pomocą liczb dwucyfrowych, gdzie:

- cyfra jednostek jest liczbą funkcji,
- cyfra dziesiątek jest liczbą kolejności.

Zaciski cewki (rys. 3) są zawsze literowo–cyfrowe.



Rysunek 2: Oznaczenie zacisków zestyków



Rysunek 3: Oznaczenie zacisków cewki

1.2 Przekaźniki

Przekaźnik spełnia dwa fundamentalne zadania:

1. Galwaniczne oddzielenie (separacja) pomiędzy obwodem sterowania a obwodem wyjściowym.
2. Przełączanie obciążeń dużej mocy z wysokim napięciem i / lub prądem o wysokim natężeniu przy małym zużyciu energii (niskie napięcie / małe natężenie prądu), nawet przy małych sygnałach elektrycznych.

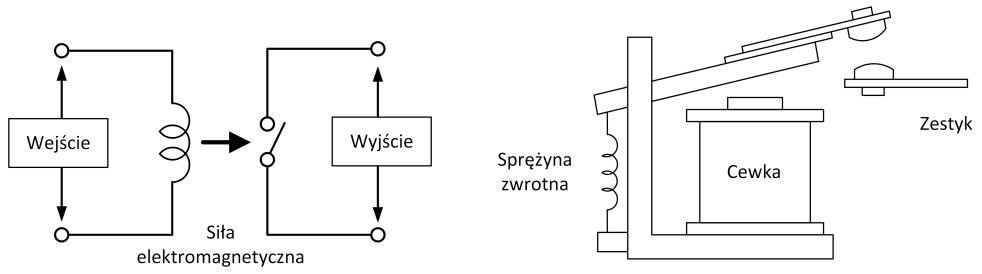
1.2.1 Typy przekaźników

Istnieją dwa główne typy: przekaźnik elektromechaniczny i półprzewodnikowy (Solid State Relay, SSR).

Funkcjonowanie przekaźników półprzewodnikowych i elektromagnetycznych jest bardzo podobne - polega na przełączaniu obwodu obciążenia, które jest sterowane sygnałem niskonapięciowym odizolowanego obwodu wejściowego.

Przekaźnik elektromagnetyczny

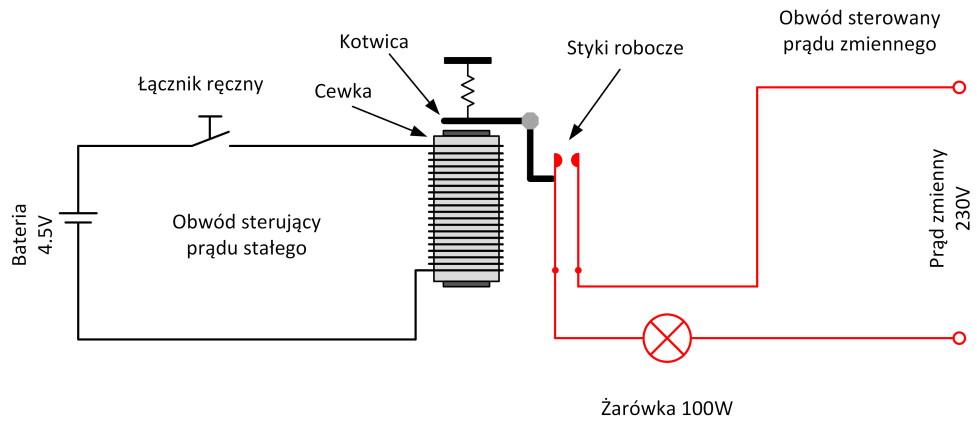
Uproszczona budowa przekaźnika pokazana jest na rysunku 4. Na metalowy rdzeń nasunięty jest izolacyjny korpus z umieszczoną w nim nawiniętą cewką. Przyłączenie cewki do zasilania powoduje przepływ przez nią prądu i powstanie pola magnetycznego. Pole magnetyczne zamyka się w obwodzie: rdzeń – ruchoma zwora – rdzeń wytwarzając siłę przyciągającą zworę do rdzenia. Pod wpływem tej siły zwora przesuwa się w kierunku rdzenia ruchem obrotowym powodując naciągnięcie sprężyny powrotnej i przemieszczenie styku ruchomego w zestyku (popychaczem zbudowanym z materiału izolacyjnego). Wyłączenie cewki powoduje zanik pola magnetycznego. Cofnięcie zwory i styku ruchomego do położenia wyjściowego dokonuje sprężyna zgromadzoną w niej energią.



Rysunek 4: Schemat działania przekaźnika elektromagnetycznego

Przekaźnik, którego działanie opisano wyżej może posiadać wiele zestyków. Wszystkie styki ruchome w tych zestykach przestawiają się jednocześnie. Można więc włączeniem i wyłączeniem cewki przełączać jednocześnie wiele innych obwodów elektrycznych (patrz rys. 2).

Przykład zastosowania przekaźnika do załączenia obwodu prądu zmiennego przedstawiony jest na rysunku 5. Polega ono na załączaniu żarówki 100W do sieci prądu zmiennego 230V, 50 Hz z użyciem bateryjki. W tym przypadku przekaźnik stanowi wzmacniacz mocy. Do wysterowania przekaźnika potrzeba niewielkiej mocy (< 5W) zaś moc przełączana wynosi 100 watów.



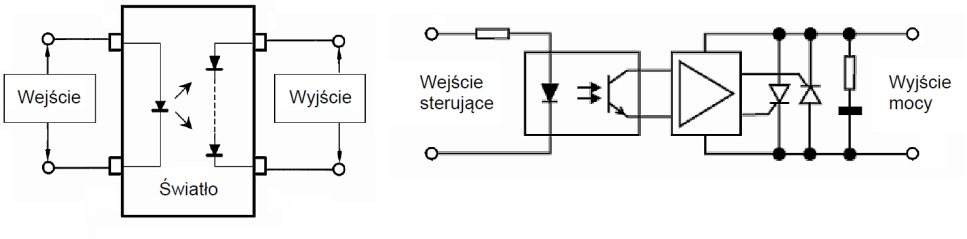
Rysunek 5: Sterowanie obwodem prądu zmiennego przy pomocy obwodu prądu stałego

Styki przekaźników są z reguły bardzo delikatne i nie mogą przewodzić dużych prądów (np. do odbiorników mocy – silników, podgrzewaczy elektrycznych). Dopuszczalne prądy przekaźników nie przekraczają 10A [5].

Przekaźniki półprzewodnikowe

Przekaźniki półprzewodnikowe wykorzystują transoptor do oddzielenia obwodu wejściowego i wyjściowego (Rys. 6). Transoptor zamienia sygnały elektryczne na optyczne, przekazując je przez odległość stanowiącą izolację galwaniczną pomiędzy sekcjami wejścia i wyjścia. SSRy są urządzeniami elektronicznymi nie posiadającymi żadnych części ruchomych, a elementami przełączającymi są w nich

tyrystory, triaki lub tranzystory. Prąd wejściowy przepływa przez diodę elektroluminescencyjną, która najczęściej jest wykonana z arsenku galu i emituje promieniowanie w podczerwieni. Dioda oświetla ogniwo fotowoltaiczne, które następnie wytwarza napięcie sterujące elementem wyjściowym. Fotodetektorem w optoizolatorze może być fotodioda, fototranzystor lub fototyrystor. Transoptor przenosi sygnały zarówno stałoprądowe, jak i zmiennoprądowe (analogowe i cyfrowe).



Rysunek 6: Schemat działania przekaźnika półprzewodnikowego

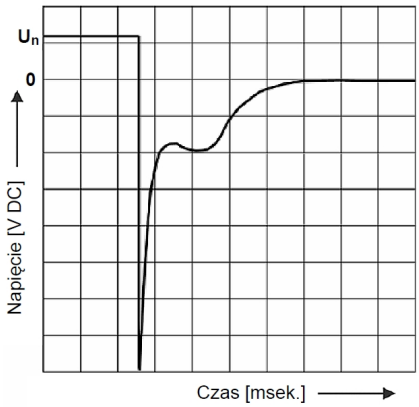
1.2.2 Przekaźniki monostabilne i bistabilne

Przekaźniki monostabilne
Przekaźnik monostabilny jest przekaźnikiem elektrycznym, który zmienia stan pod wpływem wielkości zasilającej o odpowiedniej wartości i wraca do stanu poprzedniego, gdy wymieniona wartość zaniknie albo odpowiednio zmieni się jej wartość.
Przekaźniki bistabilne
Przekaźnik bistabilny jest przekaźnikiem, który zmienia stan pod wpływem wielkości zasilającej o odpowiedniej wartości i pozostaje trwale w tym stanie po zaniku tej wielkości. Do kolejnej zmiany stanu przekaźnika i powrotu do stanu poprzedniego konieczne jest ponowne przyłożenie wielkości zasilającej o odpowiedniej wartości [4].

1.2.3 Cewki – ochrona przeciwprzepięciowa

Stosowaniu przekaźników elektromagnetycznych w układach elektrycznych powinna towarzyszyć świadomość, że ich cewki są źródłem znacznych przepięć, które mogą być przyczyną zakłóceń w pracy urządzeń, w których stosowane są przekaźniki elektromagnetyczne. Dodatkowo przepięcia mogą spowodować, że urządzenia wyposażone w przekaźniki elektromagnetyczne nie będą spełniać wymagań w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej.

Cewki przekaźników w stanie zadziałania mają dużą indukcyjność, co powoduje, że przy wyłączaniu na cewce przekaźnika występuje raptowny wzrost napięcia. Sytuacja taka występuje zarówno przy cewkach na napięcie stałe, jak i na napięcie przemienne. Jeżeli elementem wyłączającym cewkę przekaźnika jest np. tranzystor, to może nastąpić uszkodzenie tego elementu. Dodatkowo takie zakłócenia impulsowe mogą negatywnie wpływać na działanie pobliskich układów elektronicznych.

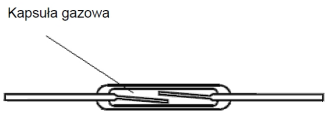


Rysunek 7: Napięcie na cewce DC podczas wyłączania

Dla cewek zasilanych napięciem stałym najlepszym i najprostszym rozwiązaniem tego problemu jest równoległe podłączenie do zacisków cewki zwykłej diody prostowniczej. W trakcie przepływu prądu przez cewkę, dioda spolaryzowana jest zaporowo (przez spadek napięcia na cewce). W momencie wyłączenia napięcia na cewce, dioda zaczyna przewodzić, powodując zwiększenie napięcia na cewce przekaźnika tylko o spadek napięcia na przewodzącej diodzie. Projektanci układów elektronicznych, w których występują przekaźniki elektromagnetyczne, praktycznie zawsze stosują diody gaszące podłączone równolegle do cewki przekaźnika. W większości przypadków do tego celu doskonale nadaje się dioda typu 1N4007. Diody wyjątkowo efektywnie usuwają przepięcia, są tanim, niezawodnym i niewymagającym skomplikowanych obliczeń sposobem zdławienia napięcia samoindukcji cewki. Jedynym minusem układu diodowego jest znaczne (około trzykrotne) zwiększenie czasu powrotu przekaźnika. Czas powrotu można zmniejszyć poprzez podłączenie szeregowo z diodą dodatkowego rezystora, lecz w takim przypadku zwiększa się wartość przepięcia przy wyłączaniu cewki [4].

1.3 Kontraktony

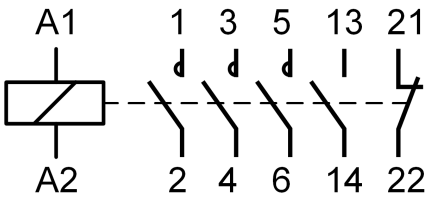
Wewnątrz elektrycznej cewki umieszczona jest rurka szklana, w której zatopione są sprężyste styki. Rurka najczęściej wypełniona jest gazem obojętnym, w celu zmniejszenia iskrzenia styku i ochrony przed korozją. Zestyk wykonany jest z materiału magnetycznego (dla koncentracji strumienia magnetycznego). Końce styków pokrywa się dobrze przewodzącym materiałem (np. złotem). Jeśli zestyk znajdzie się w polu magnetycznym to końce styków zostaną przyciągnięte do siebie i nastąpi ich zamknięcie. Usunięcie pola magnetycznego spowoduje otwarcie zestyku siłami sprężystości styków.
Ze względu na bardzo małą masę układu ruchomego szybkość przełączania zestyku może być bardzo duża – nawet kilka kHz.
Budowę przekaźnika kontraktonowego pokazano na rysunku ....



Rysunek 8: Budowa kontraktonu

1.4 Styczniki

Styczniki elektromagnetyczne są urządzeniami działającymi na analogicznej zasadzie jak przekaźniki elektromagnetyczne. Przeznaczone są do przełączania obwodów zawierających odbiorniki mocy (pobierające znaczne prądy). Z tego powodu styczniki posiadają zestyki robocze znacznie większych rozmiarów. Zestyki te umieszczone są w komorach gaszenia łuku elektrycznego, który powstaje podczas ich otwierania. Konstrukcja styczników jest znacznie mocniejsza i cięższa. Z powodu iskrzenia styków i ciężkiej zwory styczniki nie mogą przełączać obwodów z większymi częstotliwościami (maksymalnie 10 razy na minutę). Oprócz zestyków roboczych styczniki posiadają również kilka zestyków pomocniczych – o obciążalności prądowej do 10A – które wykorzystywane są do przełączeń obwodów sterujących [5].
Styczniki przeznaczone są głównie do zdalnego łączenia np. silników 3-fazowych, urządzeń grzejnych, itp.
Oprócz styczników prądu przemiennego dostępne są także styczniki prądu stałego. Mają one napęd elektromagnesowy lub pneumatyczny, przy czym zarówno elektromagnesy jak i elektrozawory sterowane są prądem stałym. Główne zastosowania tych styczników to trakcja kolejowa, tramwajowa i akumulatorowa (wózki) [2].
Schemat elektryczny stycznika z oznaczeniami przedstawiono na rys. 9



Rysunek 9: Oznaczenia wybranych końcówek stycznika: A1, A2 – końcówki cewki; 1-2, 3-4, 4-5 – końcówki zestyków mocy; 13-14, 21-22 – końcówki zestyków pomocniczych.

1.5 Różnica pomiędzy stycznikiem a przekaźnikiem

Zasadnicza różnica polega na tym, że stycznikami nazywa się urządzenia do załączania układów silnoprądowych podczas gdy przekaźnikami takie urządzenia, które załączają (czyli przekazują) sygnały niskoprądowe lub sygnały o potencjale zerowym. Innymi słowy stycznikami załącza się urządzenia elektryczne takie jak na przykład silniki elektryczne, przekaźniki natomiast stosowane są do podawania

sygnałów sterujących przykładowo do lub od sterowników PLC. Zestyki przekaźników mają stosunkowo niewielką obciążalność prądową (prąd roboczy zestyków zwykle wynosi od 1 do 10 A a napięcie cewki 12V lub 24V). Dlatego przekaźnik jest wyposażony w znacznie mniejszy elektromagnes niż stycznik, a styki nie mają dodatkowych urządzeń do gaszenia łuku. Trwałość przekaźników jest bardzo wysoka (do kilkudziesięciu milionów łączeń) w porównaniu do stycznika (do kilkudziesięciu tysięcy łączeń).

a) b)

Rysunek 10: Przykładowy wygląd: a) przekaźnika wraz z podstawką, b) stycznika

2 Sterowanie poziomem cieczy w zbiornikach

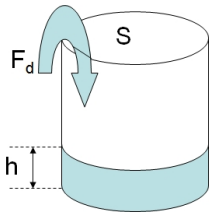
2.1 Zbiornik jako obiekt całkujący

Jako przykład fizyczny obiektu całkującego rozważmy zbiornik o stałym polu przekroju równym S, z wymuszonym dopływem (rys. 11). Załóżmy, że natężenie dopływu jest równe F_d. Oznaczmy gęstość cieczy w zbiorniku przez ρ, a poziom cieczy przez h. Wtedy na podstawie bilansu masy możemy zapisać równanie stanu tego systemu:

$$\rho S \frac{dh}{dt} = F_d$$

$$G(s) = \frac{h(s)}{F_d(s)} = \frac{1}{S\rho s} = \frac{k}{s}$$

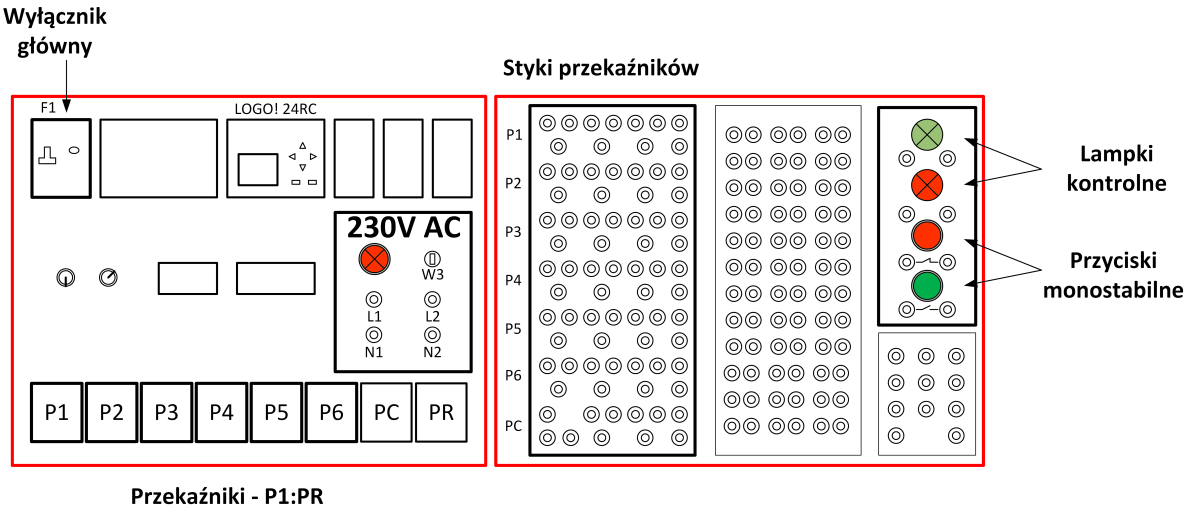
gdzie $k = \frac{1}{\rho S}$



Rysunek 11: Zbiornik

2.2 Stanowisko laboratoryjne

W skład stanowiska laboratoryjnego wchodzi:



Rysunek 12: Stanowisko laboratoryjne – tablica ćwiczeniowa

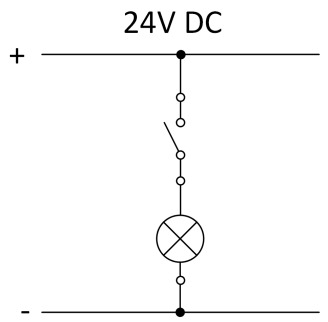
- tablica ćwiczeniowa złożona z sekcji przekaźników elektromagnetycznych, lampek kontrolnych, przycisków, wyprowadzeń styków przekaźników, oraz dodatkowej aparatury pomocniczej (rys. 12)
- dwóch zbiorników o różnej objętości
- zespołu pomp przetłaczających wodę między zbiornikami
- wyłączników krańcowych

W trakcie wykonywania ćwiczenia student będzie miał za zadanie tak połączyć układ przekaźników na tablicy ćwiczeniowej, by móc sterować poziomem cieczy w odpowiednim zbiorniku.

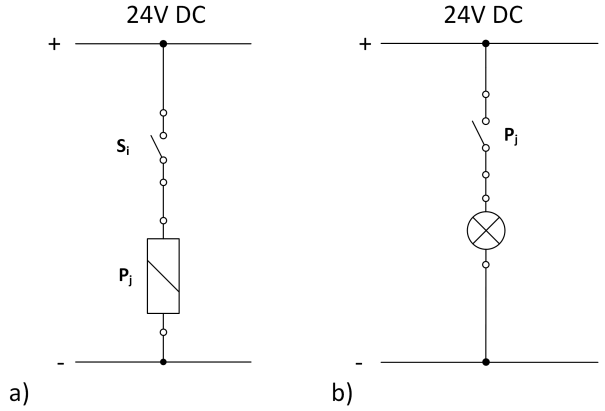
3 Przebieg ćwiczenia

3.1 Wyznaczenie charakterystyki statycznej przekaźnika

- podłączyć układ w taki sposób, by wciśnięcie przycisku powodowało zapalanie się lampki kontrolnej w przycisku (rys. 13),
- podłączyć układ w taki sposób, by wciśnięcie przycisku powodowało zadziałanie przekaźnika, za pomocą którego nastąpi zapalanie się lampki kontrolnej w przycisku (rys. 14)
- zmieniając napięcie zasilania cewki przekaźnika w zakresie od $0V$ do $30V$, zbadać w którym momencie następuje zadziałanie (przełączenie) przekaźnika,
- zmieniając napięcie zasilania cewki przekaźnika w zakresie od $30V$ do $0V$, sprawdzić, przy jakim napięciu następuje "wyłącznie" przekaźnika,
- `narysować zależność` $X(V)$`, gdzie` V `jest napięciem na cewce, zaś` $X = \{0,1\}$`, gdzie` 0 `- wyłączony,` 1 `- załączony`,
- podłączając amperomierz pomiędzy wyjście z zasilacza a cewkę przekaźnika, zbadać prąd, przy jakim następuje załączenie styków przekaźnika.



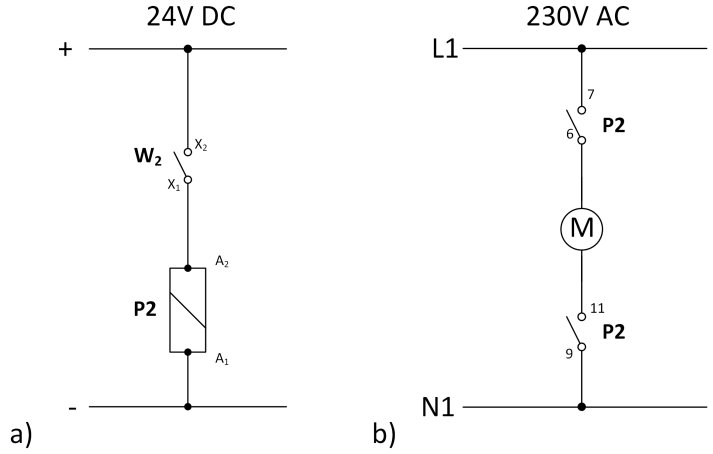
Rysunek 13: Schemat załączenia lampki kontrolnej za pomocą przycisku monostabilnego



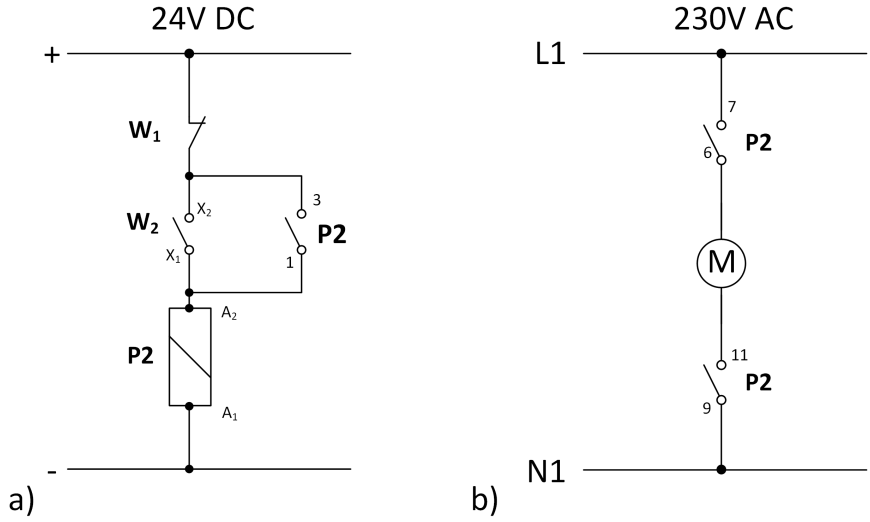
Rysunek 14: Zapalanie lampki przy użyciu przekaźnika: a) obwód sterowania 24V DC, b) obwód sterowany 24V DC.

3.2 Sterowanie poziomem cieczy

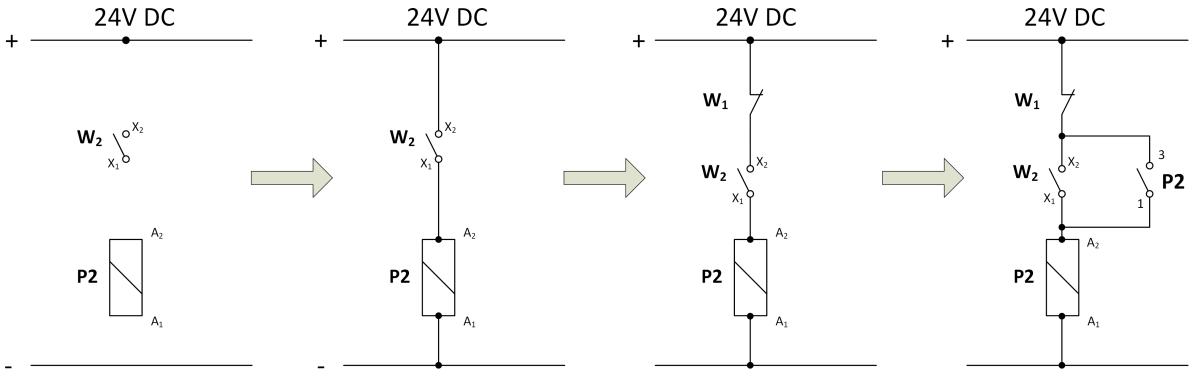
- zrealizować układ sterowania pompą bez samopodtrzymania przedstawiony na rys. 15,
- zrealizować układ z samopodtrzymaniem zaprezentowany na rys. 16 zgodnie ze schematem postępowania z rysunku 17,
- podłączyć wyłączniki krańcowe w taki sposób, by uruchomienie pływaka wyłączało pompę odpowiedzialną za nalewanie wody.



Rysunek 15: Połączenie bez podtrzymania: a) obwód sterowania 24V, b) obwód sterowany 230V.



Rysunek 16: Połączenie z podtrzymaniem: a) obwód sterowania 24V, b) obwód sterowany 230V.



Rysunek 17: Obwód sterowania 24V. Kolejność montażu układu z samopodtrzymaniem

Literatura

[1] Olszewski M.; *Urządzenie i systemy mechatroniczne cz. 1*, Wydawnictwo REA s.j., Warszawa, 2009

[2] http://www.dacpol.eu

[3] https://pl.wikipedia.org/wiki/Przekaźnik

[4] *Przekaźniki – podstawowe informacje*; http://www.relpol.pl

[5] *Materiały dydaktyczne. Wstęp do mechatroniki.*; Akademia Morska w Szczecinie