



MINISTERSTWO EDUKACJI
i NAUKI



Maria Suliga
Krzysztof Suliga

Projektowanie układów elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych 311[50].Z1.01

Poradnik dla ucznia

Wydawca

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2005**

Recenzenci:

mgr inż. Henryk Krystkowiak

mgr inż. Bogdan Chmieliński

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Katarzyna Maćkowska

Konsultacja:

dr inż. Janusz Figurski

Korekta:

mgr Joanna Iwanowska

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 311[50].Z1.01. Projektowanie układów elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu technik mechatronik.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2005

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	4
3. Cele kształcenia	5
4. Materiał nauczania	6
4.1. Urządzenia sterujące	6
4.1.1. Materiał nauczania	6
4.1.2. Pytania sprawdzające	18
4.1.3. Ćwiczenia	19
4.1.4. Sprawdzian postępów	22
4.2. Urządzenia wykonawcze	22
4.2.1. Materiał nauczania	22
4.2.2. Pytania sprawdzające	31
4.2.3. Ćwiczenia	31
4.2.4. Sprawdzian postępów	34
4.3. Układy zasilające	35
4.3.1. Materiał nauczania	35
4.3.2. Pytania sprawdzające	41
4.3.3. Ćwiczenia	41
4.3.4. Sprawdzian postępów	42
4.4. Układy sterowania	43
4.4.1. Materiał nauczania	43
4.4.2. Pytania sprawdzające	48
4.4.3. Ćwiczenia	48
4.4.4. Sprawdzian postępów	51
5. Sprawdzian osiągnięć	52
6. Literatura	57

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w przyswajaniu wiedzy z zakresu projektowania układów sterowania elektrycznego występujących w urządzeniach i systemach mechatronicznych, uwzględniające budowę, zasadę działania oraz dobór urządzeń sterujących, wykonawczych i układów zasilających.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne - wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z niego,
- cele kształcenia - wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania - „pigułkę” wiadomości teoretycznych niezbędnych do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś podane treści,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian osiągnięć - przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas lekcji i opanowałeś wiedzę i umiejętności z zakresu jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Gwiazdką oznaczono i ćwiczenia, których rozwiązanie może sprawiać Ci trudności. W razie wątpliwości zwróć się o pomoc do nauczyciela.

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- stosować układ SI,
- rozróżniać symbole graficzne stosowane na schematach elektrycznych,
- stosować prawa elektrotechniki dotyczące prądu stałego i przemiennego,
- analizować działanie obwodów elektrycznych prądu stałego i przemiennego,
- analizować działanie elementów i prostych układów elektronicznych,
- sporządzać tabele prawdy dla funkcji logicznych,
- stosować zasady tworzenia dokumentacji technicznej,
- tworzyć dokumentację techniczną,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- obsługiwać komputer,
- wykonywać rysunki korzystając z programu do komputerowego wspomagania projektowania.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

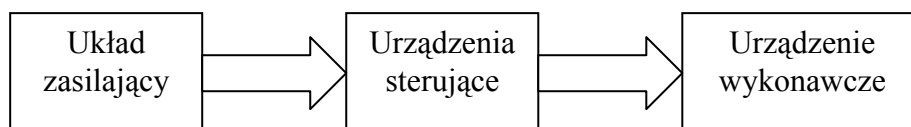
- przeanalizować działanie silników elektrycznych stosowanych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- wyjaśnić działanie elementów zasilających, sterujących i zabezpieczających w układach elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych,
- wyjaśnić działanie sensorów stosowanych w układach elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych,
- przeanalizować działanie układów sterowania silnikami elektrycznymi w urządzeniach i systemach mechatronicznych na podstawie schematu,
- dobrać, korzystając z obliczeń i katalogów, silniki elektryczne do określonych zastosowań w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać na podstawie katalogów i dokumentacji technicznej aparaturę zabezpieczającą i łączeniową do silników elektrycznych stosowanych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- dobrać układy zasilające do silników elektrycznych w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- zaprojektować stycznikowo-przełącznikowe układy sterowania silnikami elektrycznymi w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- zaprojektować układy energoelektroniczne do sterowania silnikami elektrycznymi w urządzeniach i systemach mechatronicznych,
- posłużyć się technologią informatyczną przy projektowaniu urządzeń i systemów mechatronicznych.

4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Urządzenia sterujące

4.1.1. Materiał nauczania

Układy sterowania elektrycznego urządzeń i systemów mechatronicznych (rys. 4.1.1), składają się z: układów zasilających, elektrycznych urządzeń sterujących i elektromechanicznych urządzeń wykonawczych.



Rys. 4.1.1. Schemat blokowy układu sterowania elektrycznego

Urządzenia sterujące służą do sterowania pracą urządzeń wykonawczych. Składają się z aparatury łączeniowej i zabezpieczającej.

Urządzenia wykonawcze służą do przetwarzania energii elektrycznej w energię mechaniczną. Dzieli się je, ze względu na zasadę działania, na silniki i urządzenia z napędem elektromagnetycznym, np.: sprzęgła, hamulce, cewki rozdzielaczy.

Urządzenia sterujące i wykonawcze mogą być zasilane z jedno- lub trójfazowej linii napięcia przemiennego, bezpośrednio lub przy użyciu transformatorów i urządzeń energoelektronicznych.

Podział łączników

Łącznikami nazywamy aparaty służące do zamykania, otwierania lub przełączania obwodów elektrycznych, uruchamianych ręcznie lub zdalnie.

Łączniki dzielimy ze względu na:

- napięcie znamionowe - niskiego i wysokiego napięcia;
- użycie styków - bezstykowe i zestykowe;
- znamionową zdolność wyłączenia - izolacyjne, robocze i zwarciove;
- przeznaczenie – instalacyjne i przemysłowe;
- miejsce zainstalowania – główne i pomocnicze.

Łącznikami niskiego napięcia nazywa się łączniki o napięciu znamionowym do 1 kV.

Łącznik bezstykowy służy do załączania i wyłączania prądu w obwodzie poprzez sterowanie przewodnością elementu półprzewodnikowego.

Łącznik zestykowy służy do zamykania, otwierania i przełączania obwodów za pomocą zestyków.

Łączniki izolacyjne mają bardzo małą zdolność wyłączenia (prąd wyłączalny znacznie mniejszy od prądu znamionowego) i służą do łączenia w stanie bezprądowym. Zalicza się do nich odłączniki.

Łączniki robocze (rozłączniki, styczniki, łączniki krzywkowe), mają zdolność wyłączania prądów roboczych i przeciążeniowych (do 10 I_N).

Łączniki zwarciove tj. bezpieczniki, przeznaczone są do jednorazowego wyłączenia prądów występujących przy przeciążeniach i zwarciach oraz wyłączniki, które mogą wyłączać prądy zwarciove.

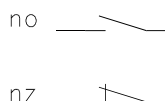
Łączniki główne są włączone do obwodów głównych, a łączniki pomocnicze (łączniki przyciskowe, łączniki krańcowe, przełączniki) do obwodów pomocniczych: sterowniczych, sygnalizacyjnych i zabezpieczających.

Elementy składowe łącznika

W łącznikach można wyróżnić: części izolacyjne, układ napędowy, komorę gaszeniową oraz części przewodzące - jeden lub kilka zestyków.

Zestyk tworzy zespół dwóch styków, z których jeden jest ruchomy (napędzany), a drugi nieruchomy. Styk ruchomy może być napędzany przez użycie siły fizycznej człowieka lub siły mechanicznej. Wyróżniamy dwa rodzaje zestyków (rys. 4.1.2):

- zestyk normalnie otwarty (zwierny) „no”, który pod wpływem działania siły zewnętrznej zamyka obwód elektryczny,
- zestyk normalnie zamknięty (rozwierny) „nc” lub „nz”, który pod wpływem działania siły zewnętrznej otwiera obwód elektryczny.



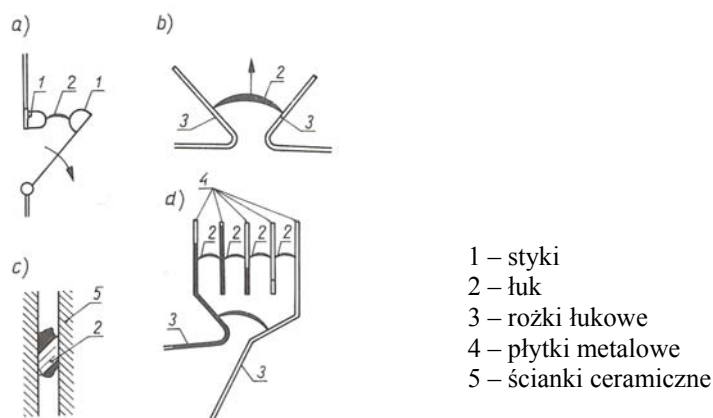
Rys. 4.1.2. Symbole graficzne zestyków

Zestyki mogą być obciążane prądami:

- roboczymi (prąd w obwodzie nie przekracza prądu znamionowego styku),
- przeciążeniowymi (prąd w obwodzie jest nieznacznie większy od prądu znamionowego styku),
- zwarcioowymi (prąd w obwodzie jest wielokrotnie większy od prądu znamionowego styku).

Gaszenie łuku elektrycznego

Przerwanie obwodu elektrycznego, powoduje powstanie wyładowań elektrycznych, które widoczne są jako zapalający się łuk elektryczny. Przerwanie obwodu elektrycznego następuje zwykle nie w momencie rozejścia się styków, lecz dopiero wtedy, gdy przestaje palić się łuk (przestaje płynąć prąd w obwodzie). Wyładowanie łukowe jest wynikiem zjonizowania gazu rozdzielaającego styki. Podczas wyładowania gaz ulega silnemu nagraniu. Długotrwałe palenie się łuku powoduje najczęściej zniszczenie zestyku (wytopienie). Przy prądzie przemiennym łuk gaśnie samoistnie w momencie zmiany kierunku przepływu prądu i zapala się ponownie. Trwałe zgaszenie łuku polega na niedopuszczeniu do jego ponownego zapalenia się po pierwszym zgaśnięciu samoistnym. Sposoby gaszenia łuku przedstawiono na rysunku 4.1.3.



Rys. 4.1.3. Sposoby gaszenia łuku [21]

a) przez wydłużanie, b) przez wydmuch elektromagnetyczny, c) w komorach wąskoszczelinowych, d) przez podział na łuki krótkie

Dane znamionowe łączników

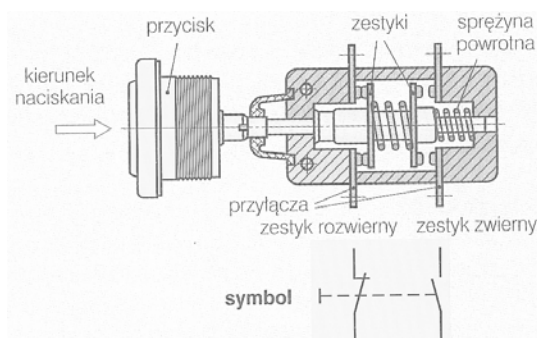
Do wielkości charakteryzujących łączniki zaliczamy:

- znamionowe napięcie izolacji – określa wytrzymałość izolacji łącznika na przebicie,
- znamionowy prąd ciągły – największa dopuszczalna wartość prądu, który w określonych warunkach może płynąć przez główne tory prądowe łącznika, dowolnie długo bez przekroczenia w każdej części łącznika dopuszczalnej dla tej części temperatury,
- znamionowy prąd szczytowy – określający wytrzymałość elektrodynamiczną – największa wartość udarowa prądu zwarciovego nie powodująca przy zamkniętych stykach głównych uszkodzenia łącznika,
- znamionowy prąd n-sekundowy – określający wytrzymałość cieplną – największa wartość skuteczna prądu zwarciovego, który nie spowoduje nadmiernego nagrzania się dowolnej części przyrządu, w czasie n sekund,
- trwałość mechaniczna – największa liczba cykli łączeniowych, którą nie obciążony prądem łącznik może wykonać bez uszkodzeń, zachowując pełną przydatność do dalszej pracy,
- znamionowa częstość łączeń – największa liczba cykli łączeniowych w ciągu godziny, na którą łącznik został zbudowany.

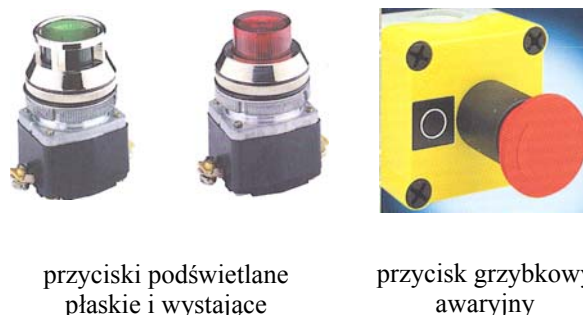
Łączniki pomocnicze

Łączniki przyciskowe (rys. 4.1.4 i 4.1.5), zwane dalej przyciskami, składają się najczęściej z jednego lub kilku zestyków „no” i „nz” oraz napędu. Działanie ich polega na zwieraniu lub rozwieraniu styków pod wpływem nacisku wywołanego przez człowieka (dłoń, palec, noga). Po usunięciu nacisku styki wracają do położenia początkowego.

Przyciski służą do załączania lub wyłączania układów sterowania elementami wykonawczymi.

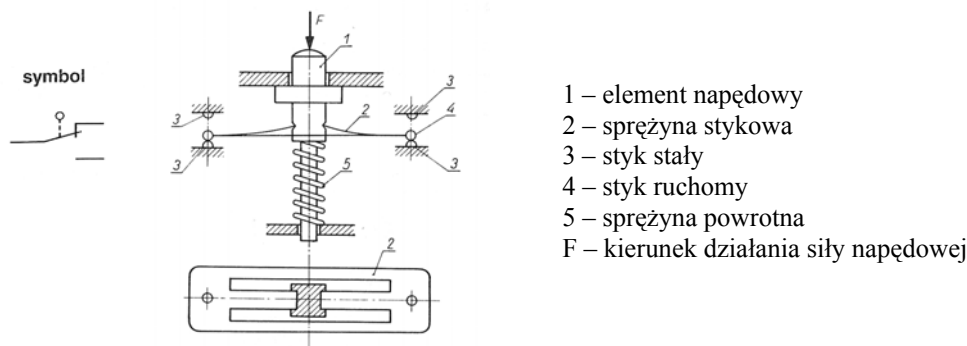


Rys. 4.1.4. Łącznik przyciskowy (przycisk) [23]



Rys. 4.1.5. Rodzaje przycisków [46]

Przełączniki ręczne służą w elektrycznych układach sterowania do załączania lub wyłączania obwodów. Mogą składać się z kilku łączników migowych (rys. 4.1.6), które napędzane są za pomocą dźwigni, przycisku lub przycisku przechylnego. Cechą charakterystyczną tych przełączników jest to, że pozostają w pozycji, w jakiej zostały ustawione.



Rys. 4.1.6. Mikrołącznik [21]

Przełączniki zatraskowe najczęściej stanowią elementy stykowe urządzeń zabezpieczających. Załączenie styku przełącznika powoduje napięcie sprężyny, która w takim stanie jest utrzymywana przez zamek (zapadkę blokującą). Zwolnienie zamka i otwarcie styków może nastąpić przez naciśnięcie przycisku lub samoczynnie za pomocą dodatkowych urządzeń wyzwalających, takich jak: wyzwalacze termiczne lub elektromagnetyczne, wyłączniki prądu przeciążenia i wyłączniki napięciowe wzrostowe i zanikowe.

Łącznik krańcowy to zespół styków napędzanych za pomocą popychacza, dźwigni lub rolki. Łączniki te uruchamiane są za pomocą zderzaków, krzywek itp. W układach sterowniczych najczęściej służą do sygnalizowania osiągnięcia, przez ruchome części urządzeń i maszyn, określonego położenia (np. nie można uruchomić tokarki, jeżeli nie jest zamknięta osłona wrzeciona).

Łączniki robocze

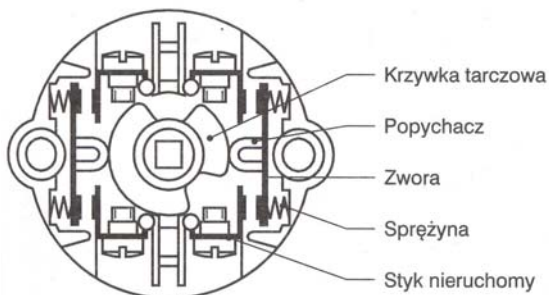
Łączniki krzywkowe (rys. 4.1.7) stosuje się w układach sterowania do przełączania obwodów oraz do załączania i wyłączania urządzeń w stanie obciążenia (wyłączniki główne).



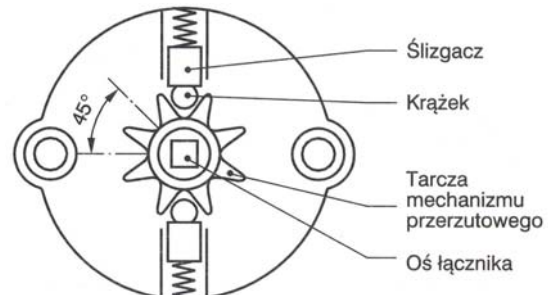
Rys. 4.1.7. Łączniki krzywkowe [46]

Każdy łącznik krzywkowy składa się z komory gaszeniowej (rys. 4.1.8), komory z mechanizmem przerzutowym (rys. 4.1.9), osi łącznika i pokrętła. Jego możliwości łączeniowe

zależą od ilości komór gaszeniowych oraz kształtu krzywek napędzających popychacze zwór. Położenie krzywek, przymocowanych na stałe do osi łącznika, w komorach gaszeniowych zależy od położenia pokrętła napędzającego oś. Komora z mechanizmem przerzutowym skonstruowana jest w taki sposób, że pokrętło może się obrócić skokowo o ściśle określony kąt (30° , 45° , 60° czy 90°). W komorach tych istnieje również możliwość instalowania ograniczników kąta obrotu tak, że pokrętło przyjmuje określoną ilość położeń.



Rys. 4.1.8. Komora gaszeniowa [11]

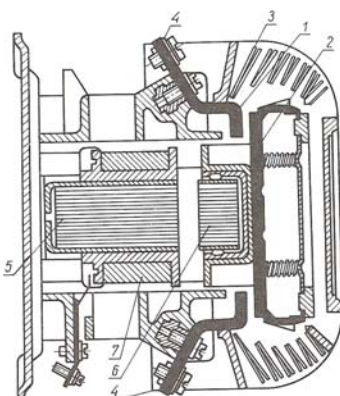


Rys. 4.1.9. Komora z mechanizmem przerzutowym [11]

Styczniki należą do grupy elektromagnetycznych elementów sterujących, które mają za zadanie załączanie i wyłączanie obwodów głównych zasilających elementy wykonawcze silników napędowych, hamulców lub sprzęgieł elektromagnetycznych.

W każdym styczniku z napędem elektromagnetycznym (rys. 4.1.10) wyróżnia się następujące elementy:

- styki nieruchome i usprężynowane styki ruchome tworzące zestyk podstawowy umieszczany w głównym torze prądowym (załączającym lub wyłączającym odbiornik),
- komorę gaszeniową (gaszącą łuk elektryczny powstający przy wyłączaniu odbiorników),
- elektromagnes, składający się z nieruchomego rdzenia magnetycznego wraz z cewką oraz ruchomej zwory elektromagnesu, która napędza styki ruchome torów głównych i pomocniczych,
- zestyki zwierne (no) i rozwierne (nz lub nc), umieszczone w torach prądowych pomocniczych (służą do budowania układów sterowania i sygnalizacji),
- sprężyny powrotne,
- obudowa.



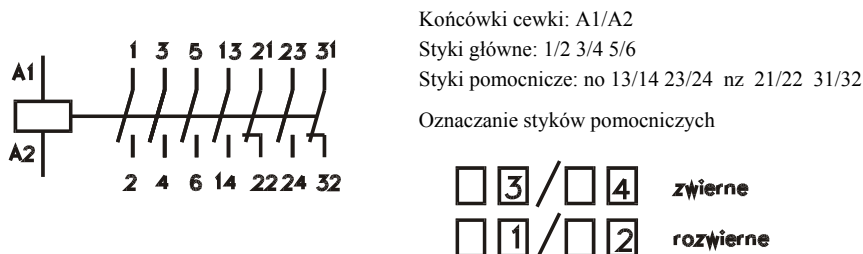
- 1 – styk nieruchomy
- 2 – styk ruchomy
- 3 – komora gaszeniowa
- 4 – zaciski przyłączowe
- 5 – rdzeń nieruchomy elektromagnesu
- 6 – zwora ruchoma elektromagnesu
- 7 – uzwojenie elektromagnesu

Rys. 4.1.10. Budowa stycznika powietrznego [21]

Układ ruchomy stycznika stanowią: zwora elektromagnesu oraz zestaw z ruchomymi stykami zestyków podstawowych i pomocniczych. Zasilanie odpowiednim napięciem cewki elektromagnesu, powoduje przyciągnięcie zwory do rdzenia z jednoczesnym ruchem styków w torze głównym i pomocniczym stycznika. Podczas zamykania stycznika są przestawiane styki

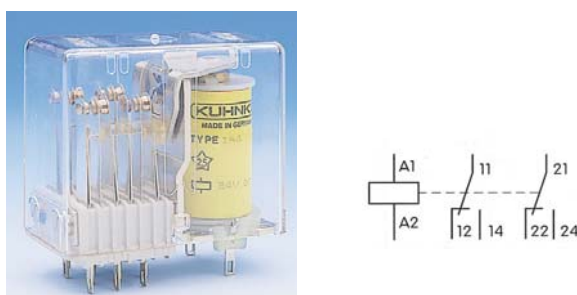
zestyków podstawowych i pomocniczych (jednocześnie działanie styków) oraz napinane są sprężyny powrotne. Styk zwierny (no) pozostaje w stanie zamkniętym, a styk rozwierny (nz) w stanie otwartym tak długo, dopóki cewka elektromagnesu jest zasilana.

Oznaczenia końcówek stycznika roboczego przedstawiono na rys. 4.1.11.



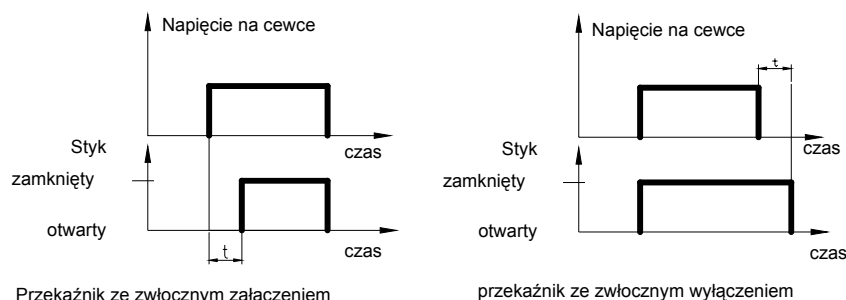
Rys. 4.1.11. Oznaczenie końcówek stycznika roboczego

Przełącznik pełni w układzie elektrycznym te same funkcje, co stycznik pomocniczy, służy jako sterowany łącznik. Różni się od stycznika budową, wielkością i wartością mocy przełączanej. W przełączniku (rys. 4.1.12), ruchoma zwora elektromagnesu, do której jest przymocowany styk przełączający, jest przyciągana przez pole magnetyczne cewki. Po załączeniu napięcia do cewki, następuje rozwarcie styku „nz”, a zwarcie styku „no”. Po wyłączeniu napięcia styki wracają do stanu początkowego.



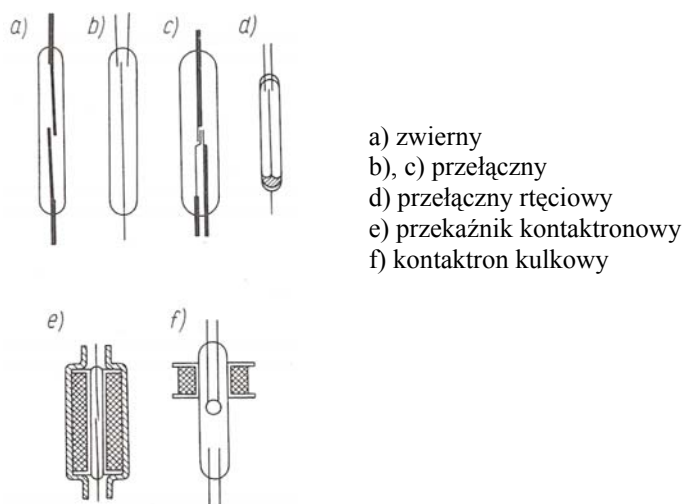
Rys. 4.1.12. Przełącznik [46]

Przełączniki czasowe, w układach sterowania realizują opóźnione załączenie, wyłączenie lub przełączenie. W jednej obudowie znajduje się człon czasowy oraz przełącznik. Występują dwa rodzaje przełączników czasowych: ze zwłocznym załączeniem i ze zwłocznym zwolnieniem (wyłączeniem). W przypadku przełącznika ze zwłocznym załączeniem, po załączeniu napięcia na zaciski zasilające, jego styki przełączające zmieniają położenie po nastawionym czasie, a po wyłączeniu napięcia zasilającego, natychmiast wracają w położenie wyjściowe. Przełącznik ze zwłocznym wyłączeniem działa odwrotnie. Przedstawiają to diagramy czasowe (rys. 4.1.13).



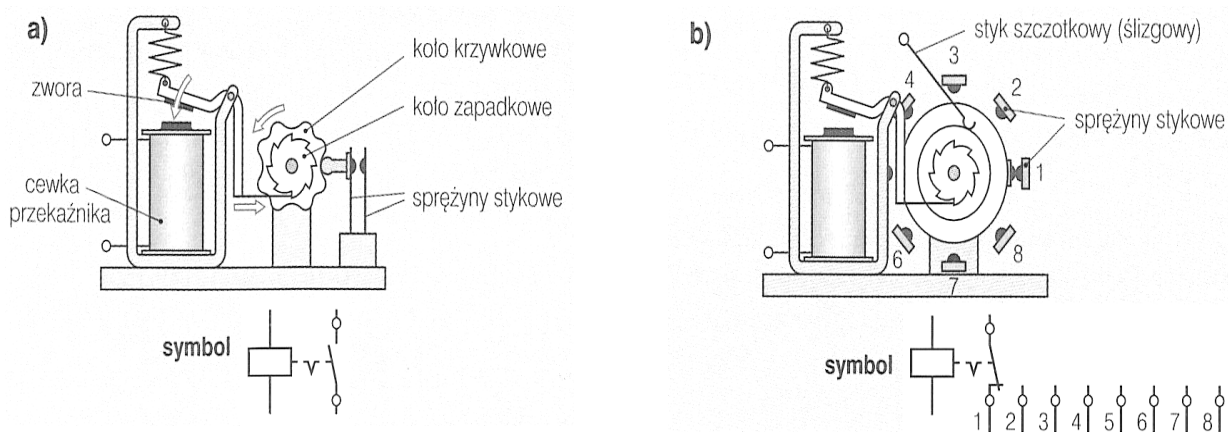
Rys. 4.1.13. Diagramy czasowe

Przełącznik kontaktronowy zamyka lub rozkłada styki pod wpływem pola magnetycznego lub elektromagnetycznego. Przełączniki te charakteryzują się bardzo krótkim czasem przełączania, małymi gabarytami, bardzo małym prądem pobieranym przez cewkę oraz bardzo dużą częstotliwością łączeń. Rodzaje przełączników kontaktronowych przedstawia rys. 4.1.14.



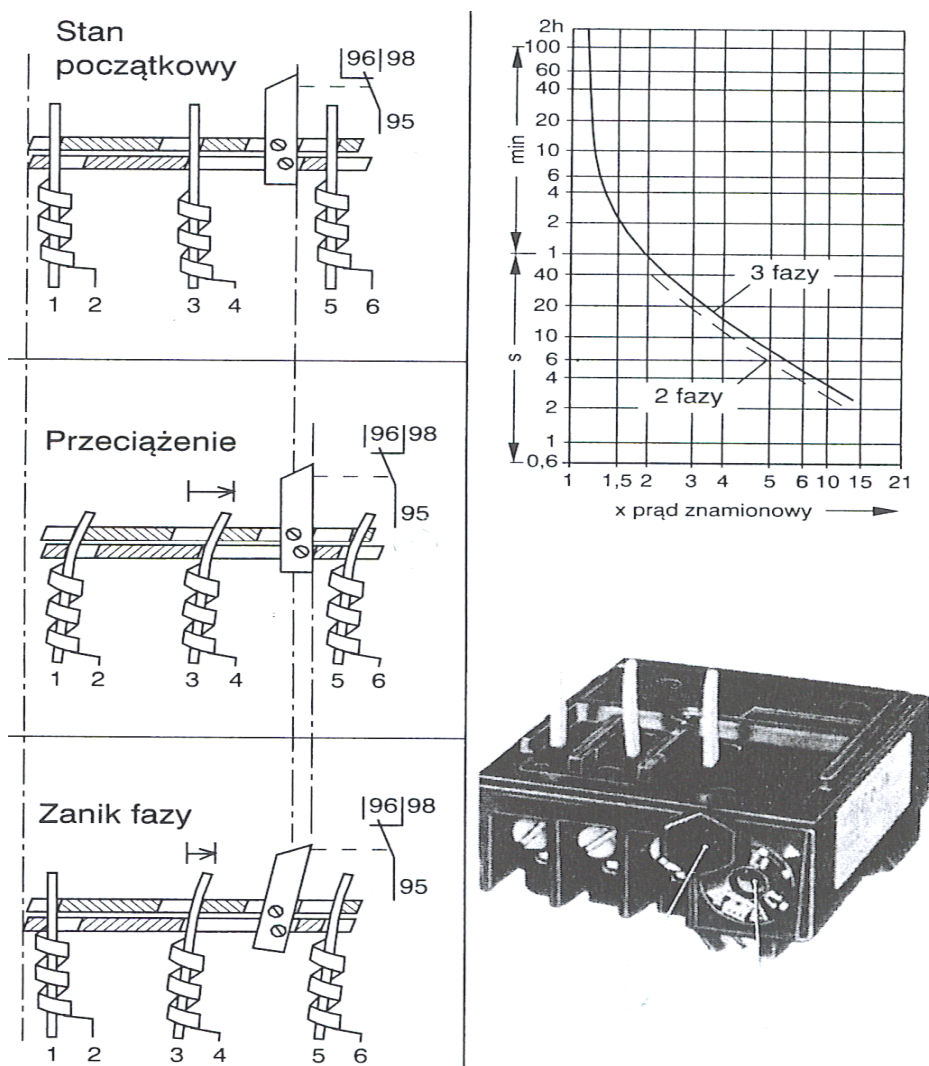
Rys. 4.1.14. Kontaktrony – budowa i rodzaje [21]

Przełącznik skokowy (impulsowy) jest elektromagnetycznym przełącznikiem dwu (rys. 4.1.15a) lub wielopozycyjnym (rys. 4.1.15b). Podanie impulsu na jego cewkę powoduje przyciągnięcie zwory i ruch koła zapadkowego o jedno położenie. Obrót koła zapadkowego, z którym sprzęgnięta jest krzywka powoduje zmianę stanu łącznika. W układach sterowania wykorzystywane są one jako urządzenia o charakterze programowym.



Rys. 4.1.15. Przełączniki skokowe [23]

Przełączniki termobimetalowe w skrócie zwane termikami, są przeznaczone głównie do zabezpieczania silników przed długotrwałym przepływem przez ich uzwojenia prądu przeciążeniowego. Są one dołączane do styczników (każdy producent styczników produkuje również przełączniki termobimetalowe dostosowane do tych styczników). Zasadę działania oraz charakterystykę wyzwiania przełącznika termicznego przedstawiono na rys. 4.1.16.

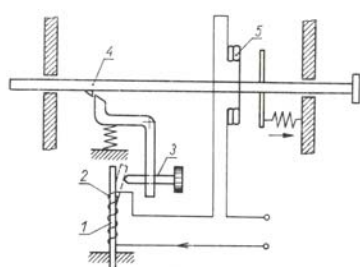


Rys. 4.1.16. Zasada działania, charakterystyka wyzwalania i widok przekaźnika termicznego [11]

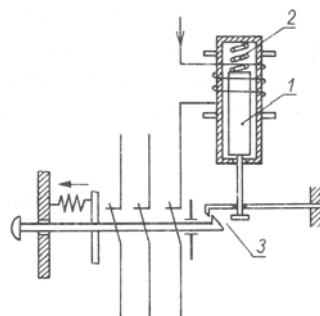
Przekaźniki te, przyjmując jako kryterium sposób powrotu styku pomocniczego do stanu początkowego po jego zadziałaniu, możemy podzielić na: z rygłem – powrót następuje po wciśnięciu przycisku i bez rygla – powrót następuje po ostygnięciu bimetalu.

Łączniki zwarciovowe

Wyłączniki posiadają najczęściej trzy tory prądowe, których zestyki ruchome mogą być napędzane ręcznie lub maszynowo. Wyposażane są w rozmaite wyzwalacze: termobimetalowe, elektromagnesowe, prądowe, napięciowe (zanikowe, wzrostowe) lub różnicowoprądowe, które powodują automatyczne wyłączenie wyłącznika w przypadku przekroczenia nastawionych wartości. Zadaniem wyłączników jest wyłączanie prądów roboczych, przeciążeniowych i zwarciovych.



- 1 – bimetal
- 2 – uzwojenie grzejne
- 3 – pokrętło nastawcze
- 4 – zamek wyłącznika
- 5 – styki główne wyłącznika

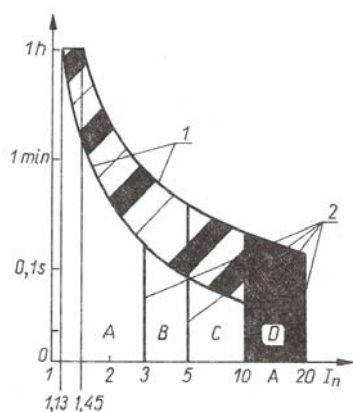


- 1 – rdzeń elektromagnesu
- 2 – sprężyna
- 3 – zamek

Rys. 4.1.17. Zasada działania wyzwalacza termobimetalowego i elektromagnesowego [21]

Wyłączniki instalacyjne wykonywane są jako konstrukcje modułowe jedno, dwu, trzy lub czterotorowe (liczba styków głównych) o charakterystykach wyzwalania A, B, C, D. Wyposażone są w wyzwalacze termiczne i elektromagnetyczne, które powodują samoczynne zadziałanie wyłącznika w przypadku przeciążenia lub zwarcia. Zasada działania wyzwalacza termobimetalowego i elektromagnetycznego przedstawiona jest na rys. 4.1.17.

Wyłączniki, chronią ludzi, przewody zasilające i urządzenia, przed skutkami przepływu prądu zwarciovego i przeciążeniowego.



- 1 – pasmo działania wyzwalaczy termobimetalowych
- 2 – pasmo działania wyzwalaczy elektromagnesowych

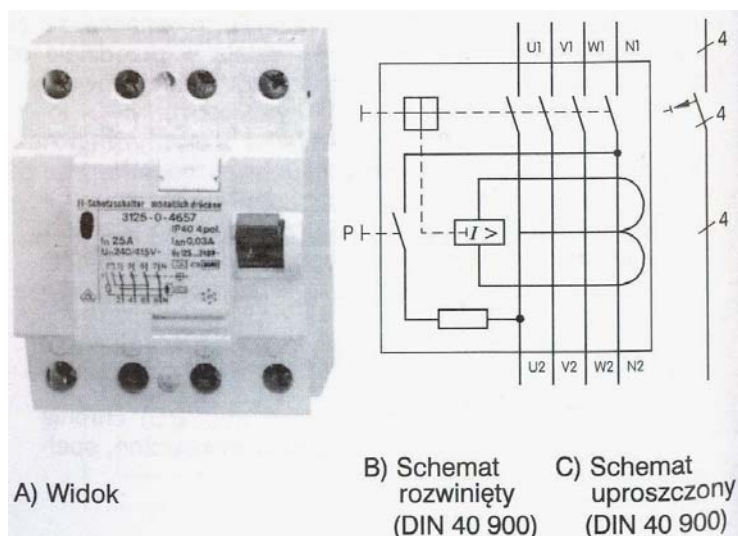
Rys. 4.1.18. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników instalacyjnych [21]

Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników (rys. 4.1.18) przedstawiają zależność czasu zadziałania wyłącznika od krotności prądu znamionowego płynącego przez wyłącznik.

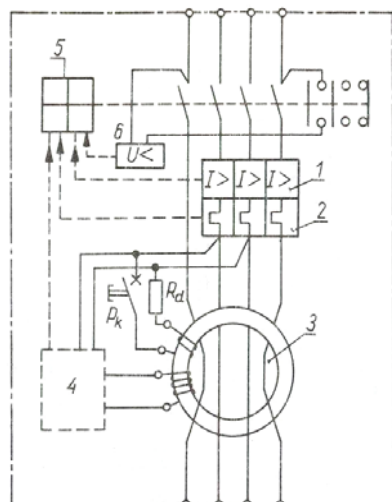
Odbiorniki elektryczne, które znajdują się w obwodzie elektrycznym zabezpieczanym tymi wyłącznikami, decydują o wyborze rodzaju charakterystyki: A – obwody, w których znajdują się urządzenia elektroniczne; B – obwody, w których znajdują się odbiorniki rezystancyjne (żarówki, grzałki, silniki małej mocy); C – obwody, w których znajdują się odbiorniki indukcyjne (silniki, transformatory, cewki sprzęgieł i hamulców elektromagnetycznych); D – obwody z silnikami, których praca polega na częstych hamowaniach i zmianach kierunku wirowania (praca nawrotna).

Wyłączniki różnicowoprądowe (rys. 4.1.19) są stosowane jako zabezpieczenie w ochronie przeciwporażeniowej, do samoczynnego wyłączenia obwodu w chwili wystąpienia niebezpiecznego napięcia dotykowego grożącego porażeniem. Mogą posiadać, oprócz wyzwalacza różnicowoprądowego, wyzwalacz termiczny i elektromagnetyczny. Jeżeli nie posiadają tych wyzwalaczy, to każdy tor prądowy wyłącznika różnicowoprądowego musi być zabezpieczony

wyłącznikiem instalacyjnym. Zasadę działania wyłącznika z wyzwalaczem różnicowoprądowym przedstawiono na rys. 4.1.20.



Rys. 4.1.19. Wyłącznik różnicowoprądowy [11]

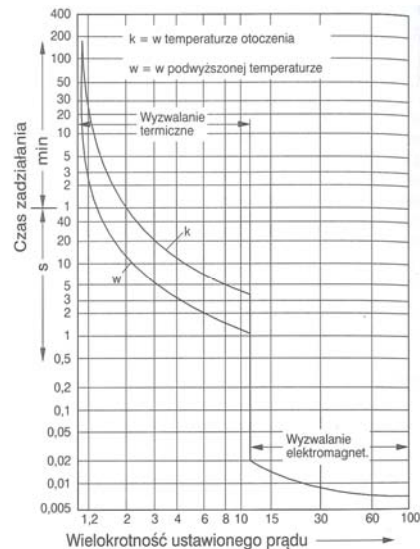
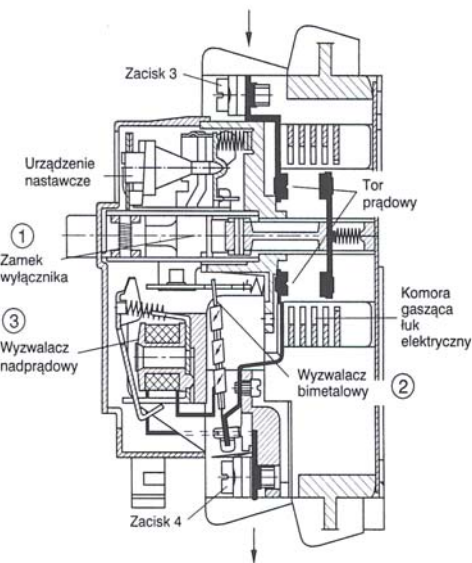


- 1 – wyzwalacz elektromagnesowy
- 2 – wyzwalacz termobimetalowy
- 3 – przekładnik sumujący
- 4 – wyzwalacz różnicowoprądowy
- 5 – zamek wyłącznika
- 6 – przekaźnik napięciowy zanikowy
- P_k – przycisk kontrolny
- R_d – rezystor do wymuszania prądu różnicowego kontrolnego

Rys. 4.1.20. Zasada działania wyłącznika z wyzwalaczem różnicowoprądowym [21]

Wyłącznik samoczynny jest łącznikiem o napędzie ręcznym (przycisk) służącym do załączania i wyłączania odbiorników elektrycznych. Po naciśnięciu przycisku start (przycisk czarny), następuje zamknięcie torów głównych wyłącznika, ściśnięcie i blokada sprężyny zamka wyłącznika. Mechanizm blokujący zamek utrzymuje tory prądowe w stanie zamkniętym, aż do chwili, gdy zostanie odryglowany zamek. Odryglowanie zamka może nastąpić w wyniku: naciśnięcia przycisku (czerwony), zadziałania elementów termobimetalowych znajdujących się w każdym torze prądowym, lub wyzwalacza nadprądowego.

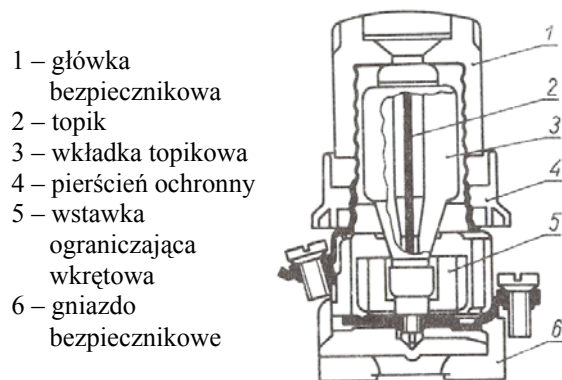
Ponieważ wyłącznik ten posiada wyzwalacz termobimetalowy i wyzwalacz nadprądowy (rys. 4.1.21), dla których można nastawiać wartość prądu zadziałania, stosowany jest do załączania silników. Charakterystyka czasowo-prądowa tego wyłącznika jest podobna do charakterystyki wyłącznika instalacyjnego.



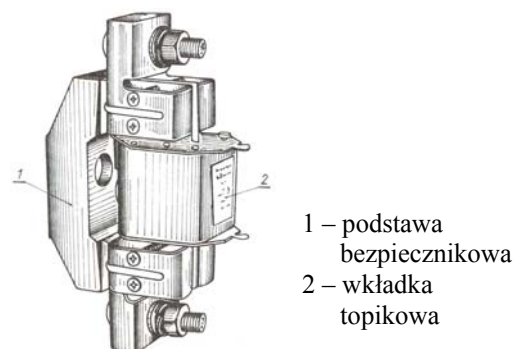
Rys. 4.1.21. Budowa i charakterystyka wyłącznika samoczynnego [11]

Bezpieczniki topikowe są łącznikami służącymi do przerywania obwodu, w którym prąd przekracza określoną wartość w dostatecznie długim czasie. Są one powszechnie wykorzystywane w sieciach o napięciu poniżej 1 kV do zabezpieczania odbiorników i obwodów instalacji elektrycznych.

Topik lub zespół topików (drut lub płaskownik z materiału przewodzącego o odpowiednim przekroju), umieszczony w porcelanowym korpusie, wypełnionym piaskiem kwarcowym i zakończonym metalowymi okuciami nazywamy wkładką topikową. Wkładka topikowa umieszczana jest w gnieździe (rys. 4.1.22) lub w podstawie szczękowej (rys. 4.1.23). Bezpieczniki topikowe umieszczane w podstawach szczękowych nazywane są bezpiecznikami mocy lub krótko BM.

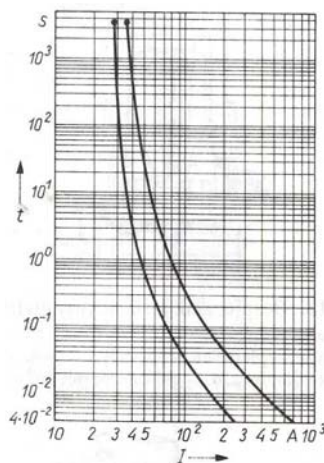


Rys. 4.1.22. Bezpiecznik instalacyjny gwintowy [21]



Rys. 4.1.23. Bezpiecznik przemysłowy szczękowy [21]

Wkładki topikowe mają różne charakterystyki czasowo-prądowe. Mogą być o charakterystyce zwłocznej WT/T (dawniej WTo), które to stosowane są najczęściej, szybkiej WT/F (dawniej WTs – rys. 4.1.24) i bardzo szybkiej, które zabezpieczają elementy półprzewodnikowe.



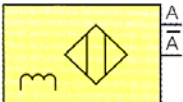
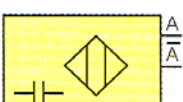
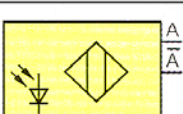
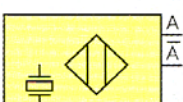
Rys. 4.1.24. Charakterystyka czasowo-prądowa wkładki topikowej typu Bi-WTs 20 A [21]

Działanie wkładki topikowej polega na przerwaniu obwodu prądowego w wyniku przepalenia się topika. Przepalone bezpieczniki topikowe nie podlegają naprawie, a jedynie wymianie na nowe. Jeżeli wkładka topikowa jest dobrana prawidłowo, to działanie jej jest tak szybkie, że w przypadku wystąpienia zwarcia, prąd zwarciový nie uzyskuje swojej maksymalnej wartości.

Czujniki i przetworniki

Czujniki są elementami, których zadaniem jest detekcja zmiany wielkości mierzonej i wytworzenie odpowiedniego sygnału, zależnego od kierunku i wartości tej zmiany. W urządzeniach i systemach mechatronicznych funkcję stykowych wyłączników krańcowych coraz częściej przejmują bezstykowe łączniki zbliżeniowe. Podział bezstykowych łączników zbliżeniowych i ich zasadę działania, w zależności od czynnika zewnętrznego powodującego przełączenie łącznika, przedstawiono w tabeli 4.1.1.

Tabela 4.1.1. Rodzaje bezstykowych łączników zbliżeniowych [23]

rodzaj	symbol	zasada działania	dane techniczne
indukcyjny		przy zbliżaniu metalowego przedmiotu indukują się prądy wirowe i następuje silne tłumienie obwodu drgającego	odległość przełączania: ok. połowy średnicy cewki indukcyjnej, od 1 mm do 150 mm
pojemnościowy		przy zbliżaniu cieczy, przedmiotów szklanych, z tworzyw sztucznych, drewna lub metali zmienia się pojemność obwodu drgającego, a tym samym generowane napięcie	odległość przełączania: zależy silnie od zbliżanego materiału, od około 20 mm do 40 mm
opto-elektroniczny		fotodioda wysyła impulsy promieniowania podczerwonego. Przy zbliżeniu przedmiotu odbite promienie powodują przełączenie	odległość przełączania: z reflektorem około 2 m, bez reflektora silnie zależna od jakości zewnętrznej powierzchni zbliżanego przedmiotu
ultradźwiękowy		mierzy się czas przebiegu odbitego impulsu ultradźwiękowego wytwarzanego przez element piezokwarcowy	obszar przełączania: około 60 mm ... 6000 mm, odległość przełączania: nastawiana, ok. 10 mm

W urządzeniach i systemach mechatronicznych często zachodzi potrzeba przetworzenia wielkości nieelektrycznych na sygnał elektryczny, do czego służą przetworniki. Przykładami wielkości nieelektrycznych, które mogą być przetwarzane na elektryczny sygnał są wielkości geometryczne, kinetyczne, dynamiczne, cieplne, akustyczne, optyczne i fizykochemiczne.

Stosuje się następujące rodzaje przetworników: potencjometryczne i indukcyjnościowe – mogące przetwarzać przesunięcie liniowe lub kąt obrotu; tensometryczne – do których zalicza się tensometry rezystancyjne i półprzewodnikowe, przetwarzające wielkości dynamiczne, np. siłę czy naprężenia; pojemnościowe – mogące przetwarzać wilgotność, siłę, drgania i szybkozmienne ciśnienia; fotoelektryczne – dla których sygnałem wejściowym może być strumień światła, przesunięcie liniowe czy kąt obrotu; piezoelektryczne – do przetwarzania parametrów ruchu, a w szczególności przyspieszenia, ciśnień dynamicznych, gładkości powierzchni; hallotronowe – do przetwarzania natężenia i indukcji pola magnetycznego oraz przesunięć i parametrów ruchu; indukcyjne – są to prądnice tachometryczne, przeznaczone do przetwarzania prędkości kątowej.

Dobór łączników

Dobór łączników pomocniczych polega na określeniu znamionowego napięcia izolacji oraz dodatkowo: kategorii użytkowania, prądu łączeniowego obwodu, największej częstości łączeń i trwałości łączeniowej. Dla przycisków sterowniczych dodatkowo określa się kształt i barwę.

Dobór styczników polega na określeniu znamionowego napięcia, znamionowego prądu ciągłego, a ponadto: kategorii użytkowania obwodu, najmniejszej trwałości łączeniowej w tej kategorii oraz największej częstości łączeń. Znamionowe parametry stycznika dla określonej kategorii użytkowania powinny być równe lub większe od obliczonych parametrów obwodu.

Dobór wyłączników polega na określeniu: znamionowego napięcia izolacji, znamionowego prądu ciągłego oraz dodatkowo: znamionowej zdolności wyłączania, która powinna być większa od prądu zwarcowego wyłączalnego w obwodzie, przy założonym czasie wyłączania zwarcia, napięciu w obwodzie i współczynniku mocy obwodu; wyposażenie w wyzwalacze, ich charakterystyki i nastawy.

Dobór bezpieczników sprowadza się do określenia: napięcia znamionowego bezpiecznika, które powinno być równe lub większe od napięcia w obwodzie; zdolności wyłączania prądu zwarcowego, która powinna być równa lub większa od największego obliczonego prądu zwarcia w obwodzie; prądu znamionowego bezpiecznika i jego charakterystyki, przez porównanie charakterystyki czasowo-prądowej bezpiecznika z charakterystyką obciążenia zabezpieczanego obiektu.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie bloki funkcjonalne wyróżniamy w układach sterowania elektrycznego i jaką funkcję spełniają?
2. Jakie znasz rodzaje łączników?
3. Jakie znasz rodzaje zestyków i jakie są ich symbole graficzne?
4. W jakich łącznikach i w jakim celu stosuje się komory gaszeniowe?
5. Jakie wielkości charakteryzują łącznik?
6. Z jakich elementów składa się łącznik?
7. Jak zbudowany jest stycznik roboczy i jak oznaczamy jego styki?
8. Czym różni się przekątnik od stycznika roboczego?

9. Jaką funkcję spełniają przekaźniki czasowe w układach sterowania elektrycznego?
10. Jakie wyzwalacze stosuje się w wyłącznikach?
11. Jakie znasz rodzaje bezstykowych łączników zbliżeniowych i jaka jest ich zasada działania?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Podaj zastosowanie łączników.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wypisać, na podstawie materiałów dydaktycznych i literatury, rodzaje łączników,
- 2) wyszukać w katalogach i literaturze, informacje o zastosowaniu poszczególnych rodzajów łączników,
- 3) wymienić i opisać zastosowanie odpowiednich rodzajów łączników.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe łączników różnych firm,
- literatura.

Ćwiczenie 2

Określ kategorię użytkowania łącznika, który załącza lub wyłącza nieobciążony obwód prądu stałego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze informacje o kategoriach użytkowania łączników,
- 2) przeanalizować wyszukane informacje o kategoriach użytkowania łączników,
- 3) zapisać kategorię użytkowania łącznika dla podanych warunków.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 3

Określ, na podstawie charakterystyki, czas, po jakim nastąpi wyłączenie bezpiecznika topikowego zwłocznego o prądzie znamionowym 20 A, jeśli w obwodzie popłynie prąd 100 A.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w katalogach charakterystyki bezpieczników topikowych,
- 2) przeanalizować charakterystyki bezpiecznika topikowego zwłocznego,
- 3) odczytać i zapisać czas, po jakim nastąpi zadziałanie bezpiecznika.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- karty katalogowe bezpieczników topikowych,
- literatura.

Ćwiczenie 4

Pogrupuj łączniki znajdujące się na stanowisku pracy, zgodnie z funkcją pełnioną w układach sterujących.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) porównać z katalogiem wygląd zewnętrzny łączników,
- 2) ułożyć na stanowisku pracy pogrupowane łączniki,
- 3) nazwać poszczególne grupy łączników,
- 4) zapisać nazwy grup łączników.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- łączniki,
- karty katalogowe łączników.

Ćwiczenie 5*

Narysuj diagram łączy łącznika krzywkowego służącego do przełączania woltomierza mierzącego napięcia fazowe i międzyfazowe w pięcioprzewodowej linii trójfazowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze sposób oznaczania stanów torów prądowych łącznika krzywkowego,
- 2) przeanalizować sposób przełączania woltomierza w pięcioprzewodowej linii trójfazowej,
- 3) narysować diagram łączy łącznika krzywkowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 6

Wyjaśnij zasadę działania wyłącznika różnicowoprądowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych informacje o wyłączniku różnicowoprądowym,
- 2) wyszukać, w źródłach tekstowych i pozatekstowych, informacje o zasadzie działania wyłącznika różnicowoprądowego,
- 3) zapisać informacje o zasadzie działania wyłącznika różnicowoprądowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 7

Opisz budowę przekaźnika nadprądowego termobimetalowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych informacje o przekaźniku nadprądowym termobimetalowym,
- 2) wyszukać, w źródłach tekstowych i pozatekstowych, informacje o budowie przekaźnika nadprądowego termobimetalowego,
- 3) zapisać informacje o budowie przekaźnika nadprądowego termobimetalowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 8

Opisz zasadę działania przetworników i podaj przykłady ich zastosowania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych i zanotować informacje o rodzajach przetworników,
- 2) wyszukać, w źródłach tekstowych i pozatekstowych, informacje o budowie i zastosowaniu przetworników,
- 3) zapisać informacje o budowie i zastosowaniu przetworników.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 9

Dobierz wkładkę topikową do zabezpieczenia urządzenia grzewczego o mocy 5,5 kW, zasilanego z sieci napięcia przemiennego 3 x 400 V/50 Hz.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) obliczyć prąd fazowy odbiornika,
- 2) zapisać wzory i obliczenia prowadzące do doboru wkładki topikowej,
- 3) z katalogu bezpieczników topikowych, wyszukać wkładkę topikową, spełniającą warunki doboru bezpieczników,
- 4) zapisać typ wkładki topikowej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

4.1.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) wymienić bloki funkcjonalne układów sterowania elektrycznego?	☐	☐
2) rozróżnić łączniki na podstawie wyglądu zewnętrznego i symboli graficznych?	☐	☐
3) wyjaśnić zasadę działania łączników, z uwzględnieniem ich budowy?	☐	☐
4) zinterpretować parametry i charakterystyki czasowo-prądowe łączników?	☐	☐
5) rozróżnić czujniki i przetworniki oraz wyjaśnić ich działanie?	☐	☐
6) dobrać łączniki do określonych warunków?	☐	☐

4.2. Urządzenia wykonawcze

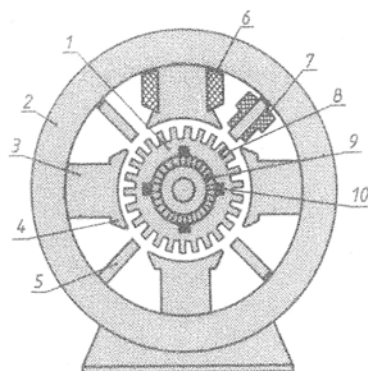
4.2.1. Materiał nauczania

Wielkości charakteryzujące pracę silników elektrycznych

Każdy silnik elektryczny powinien mieć tabliczkę znamionową, zawierającą ogólne dane: nazwę lub znak wytwórcy, typ silnika, numer fabryczny, numer normy, według której został wykonany, dopuszczalną temperaturę otoczenia i rok wykonania. Ponadto powinny znajdować się na niej podstawowe dane znamionowe, czyli parametry, ustalone dla danego silnika i podane przez wytwórcę, charakteryzujące pracę, do jakiej w określonych warunkach silnik jest przeznaczony. Podstawowymi parametrami silników są: moc (na wale), napięcie, prąd i prędkość obrotowa, a dla silników prądu przemiennego dodatkowo: częstotliwość i liczba faz napięcia zasilającego. Moment znamionowy i sprawność wynikają z danych umieszczonych na tabliczce znamionowej.

Silniki prądu stałego

Silnik elektryczny składa się z dwóch podstawowych części: nieruchomego stojana i wirującego wirnika (rys. 4.2.1).



- 1 – twornik
- 2 – jarzmo stojana
- 3 – biegun główny
- 4 – nabeżnik
- 5 – biegun komutacyjny
- 6 – uzwojenie wzbudzące
- 7 – uzwojenie biegunów komutacyjnych
- 8 – uzwojenie twornika
- 9 – komutator
- 10 – szczotki

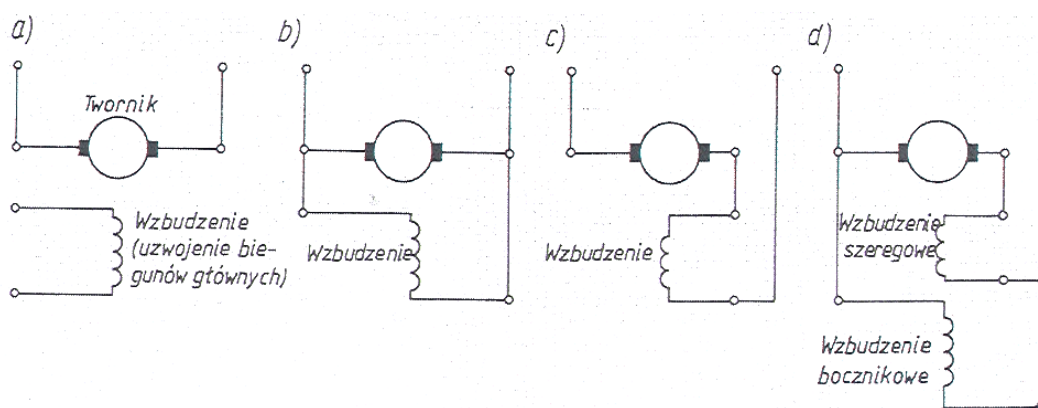
Rys. 4.2.1. Maszyna prądu stałego [7]

Uzwojenie wirnika jest umieszczone w żłobkach i przyłączone do wycinków komutatora. Zewnętrzny pierścień stojana, zwany jarzmem, wraz z przymocowanymi do niego rdzeniami

elektromagnesów głównych i pomocniczych jest elementem obwodu magnetycznego silnika. Na rdzeniach biegunów głównych osadzone jest uzwojenie wzbudzenia (magnesujące), które przy przepływie prądu wytwarza główny strumień magnetyczny. Na rdzeniach biegunów pomocniczych są umieszczone uzwojenia komutacyjne, których zadaniem jest poprawienie warunków komutacji.

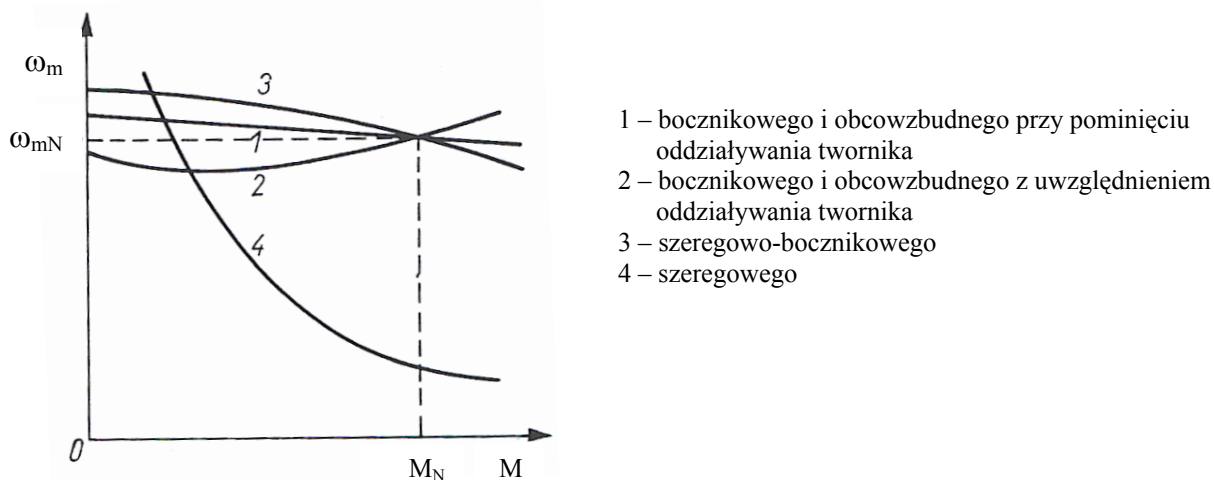
W silniku elektrycznym dokonuje się zamiana energii elektrycznej w mechaniczną. Jeżeli uzwojenie wirnika, przez które płynie prąd stały znajdzie się w polu magnetycznym biegunów głównych, to będzie działać na nie siła, powodująca ruch obrotowy zgodnie z regułą lewej dłoni. Aby mógł nastąpić ciągły ruch obrotowy, muszą być ciągle zasilane kolejne cewki uzwojenia wirnika i musi być w nich zmieniany kierunek przepływu prądu. Zjawiska związane ze zmianą kierunku przepływu prądu w zewojach wirnika w czasie, kiedy jest on zwarty przez szczotkę, stojącą na sąsiadujących wycinkach komutatora, nazywamy komutacją prądu.

Rodzaje silników prądu stałego



Rys. 4.2.2. Schematy połączeń uzwojeń twornika i uzwojeń wzbudzących w maszynie prądu stałego: a) obcowzbudnej, b) bocznikowej, c) szeregowej, d) szeregowo-bocznikowej [7]

Zachowanie się poszczególnych rodzajów silników (rys. 4.2.2) przedstawiają tzw. charakterystyki zewnętrzne (rys. 4.2.3). Charakterystyki te przedstawiają zależność prędkości obrotowej (kątovej) od momentu silnika, przy stałej wartości napięcia zasilającego i stałych rezystancjach obwodu wzbudzenia i twornika.



Rys. 4.2.3. Charakterystyki zewnętrzne (mechaniczne) silników prądu stałego [21]

Regulacja prędkości kątowej (obrotowej) silników prądu stałego

Właściwości ruchowe silników prądu stałego określa się na podstawie zależności:

$$\omega_m = \frac{U_t + I_t \cdot R_t}{c \cdot \phi}$$

$$M = c \cdot \phi \cdot I_t,$$

w których:

ω_m – prędkość kątowa,

U_t – napięcie zasilające twornik,

I_t – prąd twornika,

R_t – rezystancja twornika,

c – stała zależna od cech konstrukcyjnych silnika,

ϕ – strumień uzwojenia wzbudzającego,

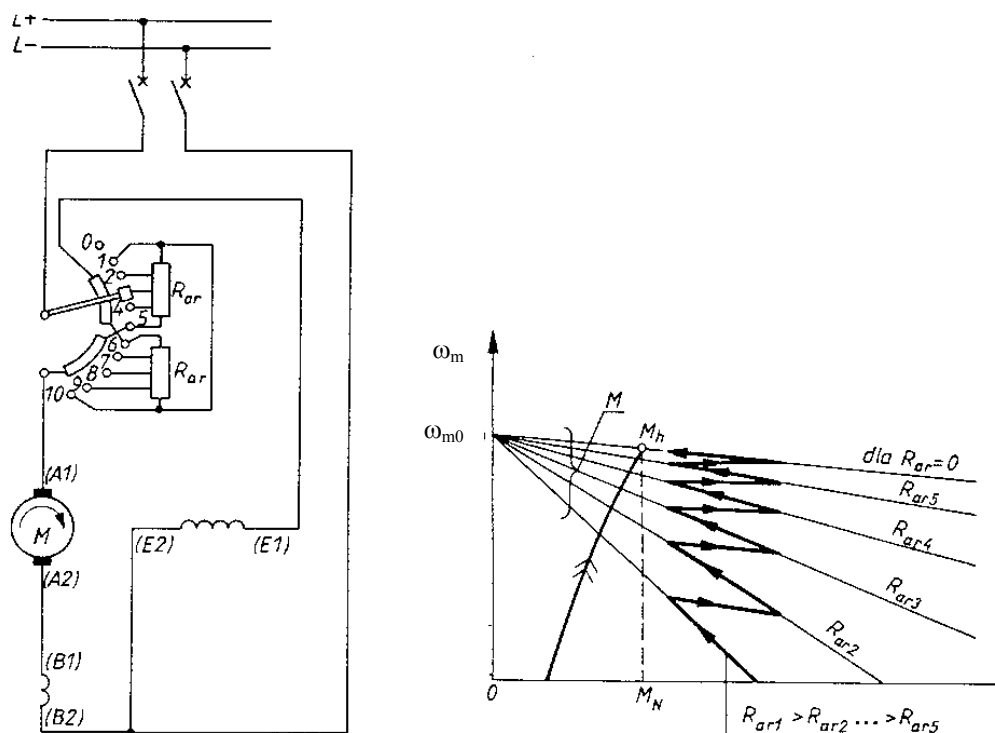
M – moment obciążenia.

Prędkość obrotową silnika prądu stałego reguluje się przez: zmianę napięcia zasilającego silnik (najczęściej stosowana), zmianę rezystancji obwodu twornika (włączenie rezystora dodatkowego) oraz zmianę strumienia głównego.

Rozruch silników prądu stałego

Rozruchem nazywamy przejście silnika od stanu spoczynku ($\omega_m = 0$) do osiągnięcia znamionowej prędkości kątowej ω_{mN} .

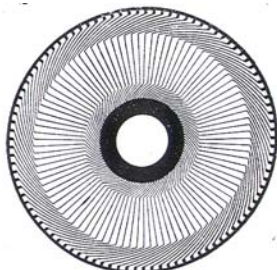
Rozruch silników prądu stałego jest możliwy przez: zmianę napięcia twornika od 0 do U_N lub włączenie rezystora (rozrusznika) w szereg z uzwojeniem twornika (rys. 4.2.4).



Rys. 4.2.4. Rozruch silnika bocznikowego [7]

Maszyny specjalne prądu stałego

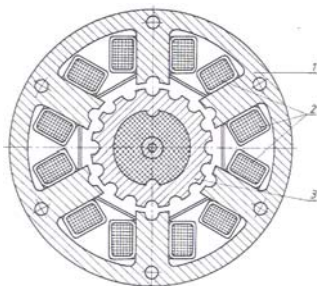
Wirnik w silnikach z uzwojeniem drukowanym wirnika, wykonany jest w postaci cienkiej tarczy z materiału izolacyjnego, na której z obu stron nadrukowano uzwojenia (białe powierzchnie na rysunku 4.2.5 i łączy się je na brzegach tworząc w ten sposób uzwojenie szeregowe).



Rys. 4.2.5. Uzwojenie drukowane wirnika silnika prądu stałego [20]

Silnik ten składa się z dwóch płyt krańcowych, do których przymocowane są magnesy trwałe lub elektromagnesy. Po ich złożeniu powstaje szczelina, w której obraca się wirnik. Szczotki ślizgają się bezpośrednio po części czynnej prętów uzwojenia wirnika. Silniki te wykonywane o mocach od kilkunastu watów do około 10 kW, stosowane są jako silniki wykonawcze w układach sterowania, maszynach cyfrowych, pojazdach mechanicznych i urządzeniach radiolokacyjnych.

Silniki krokowe (skokowe) są elementami wykonawczymi przetwarzającymi impulsy elektryczne na przesunięcie kątowe lub liniowe nazwane krokami lub skokami. Zasada działania silnika krokowego wykorzystuje zjawisko zmiany położenia ferromagnetycznego wirnika w polu magnetycznym w celu osiągnięcia optymalnej przewodności obwodu magnetycznego. Budowę silnika krokowego przedstawiono na rys. 4.2.6.



Rys. 4.2.6. Zasada budowy silnika krokowego: 1 - stojan, 2 - cewki biegunów magnetycznych stojana, 3 – wirnik [7]

Silniki indukcyjne

Ze względu na prostą budowę, niski koszt wytwarzania i dobre własności mechaniczno-elektryczne są obecnie najczęściej wykorzystywanymi silnikami napędowymi maszyn i urządzeń. Silniki indukcyjne, w których napięcie w obwodzie wirnika pojawia się w wyniku indukcji elektromagnetycznej, dzieli się ze względu na: sposób zasilania - jednofazowe, dwufazowe, trójfazowe; sposób wykonania uzwojenia wirnika - pierścieniowe, klatkowe; rodzaj ruchu - wirujące, liniowe.

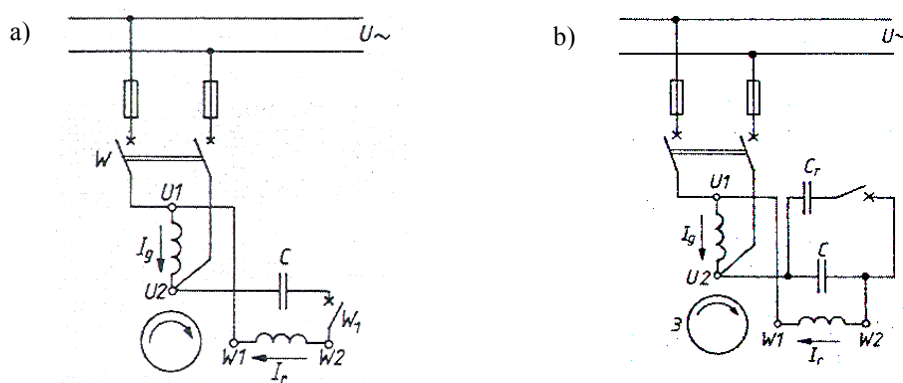
Uzwojenie stojana o liczbie par biegunów p , zasilane z sieci trójfazowej o częstotliwości f , wytwarza kołowe wirujące pole magnetyczne. Pole to wiruje, względem stojana, z prędkością kątową synchroniczną i przecina zwarte uzwojenie wirnika, indukując w nim prąd. Wirnik obraca się z prędkością mniejszą od synchronicznej. Różnicę między prędkością wirowania pola stojana, a prędkością wirnika, odniesioną do prędkości wirowania pola stojana nazywamy poślizgiem s .

Obwód magnetyczny maszyny składa się z dwóch części: rdzenia stojana i rdzenia wirnika, wykonanych w formie pakietu z blach izolowanych, oddzielonych od siebie szczeliną powietrzną. Na całym obwodzie rdzenia stojana i wirnika wycina się rowki o specjalnym kształcie zwane żłobkami, w których umieszcza się uzwojenia. Elementy obwodu magnetycznego między żłobkami noszą nazwę zębów. Rdzeń stojana umieszcza się w kadłubie maszyny, natomiast rdzeń wirnika bezpośrednio na wale (w maszynach małej mocy) lub na piaście (w dużych).

Silniki te zasilane z trójfazowej sieci prądu przemiennego, mają w stojanie trzy uzwojenia zwane fazowymi, które w czasie pracy są połączone w gwiazdę lub w trójkąt. Uzwojenia wirników silników indukcyjnych mogą być wykonane podobnie jak w stojanie, z drutu nawojowego lub z nieizolowanych prętów z materiałów przewodzących, całkowicie wypełniających żłobek.

Jeżeli wystające poza rdzeń części poszczególnych prętów są ze sobą połączone po obu stronach pierścieniami zwierającymi, tworząc wraz z prętami uzwojenia jakby klatkę, taki silnik nazywa się klatkowym. Jeżeli uzwojenie wirnika wykonane jest z drutu nawojowego i połączone na stałe z pierścieniami ślizgowymi, silnik z takim wirnikiem nazywa się silnikiem indukcyjnym pierścieniowym.

Najprostszy silnik jednofazowy ma taką samą budowę, jak silnik trójfazowy z wirnikiem klatkowym, z tym, że w żłobkach stojana znajduje się tylko jedno uzwojenie fazowe. Jeżeli zasila się to uzwojenie, to w stanie spoczynku strumień nie wiruje, lecz oscyluje. Prąd w prętach wirnika ma zwrot przeciwny do prądu stojana. Momenty wytworzone przez te prądy działają w kierunkach przeciwnych i równoważąc się utrzymują wirnik w stanie równowagi chwiejnej. Jeżeli popchniemy taki wirnik w jakimś kierunku, to pojawi się moment obracający wirnik w tym samym kierunku z prędkością zbliżoną do synchronicznej. Opisywany tu silnik nie znalazł praktycznego zastosowania. Aby silnik jednofazowy mógł być stosowany w praktyce, musi mieć urządzenie umożliwiające jego samoczynny rozruch. W celu wytworzenia momentu rozruchowego w żłobkach stojana umieszcza się przesunięte w przestrzeni o 90° elektrycznych¹ względem uzwojenia głównego uzwojenie pomocnicze nazywane rozruchowym. Uzwojenie to może być przyłączane na stałe lub tylko na czas rozruchu, równoległe do uzwojenia głównego przez dowolny element R, L, C (rys. 4.2.7). Urządzeniem umożliwiającym odłączenie uzwojenia rozruchowego jest wyłącznik odśrodkowy.

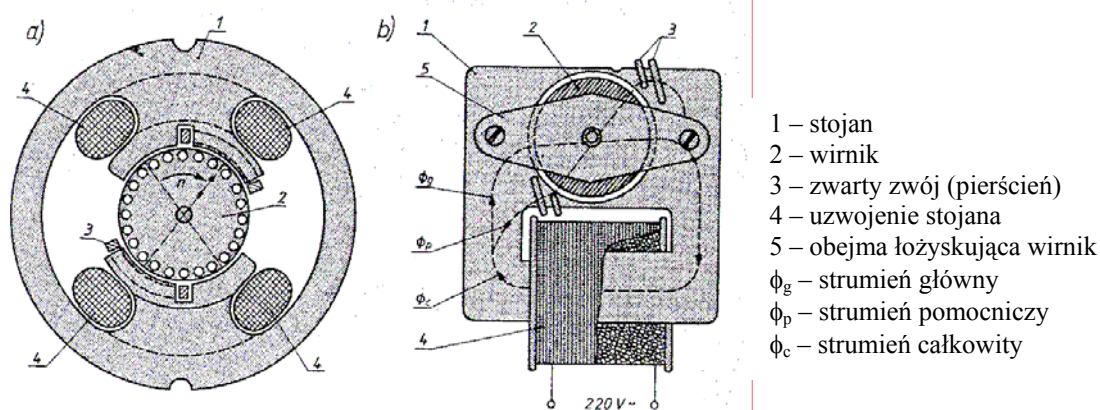


Rys. 4.2.7. Schemat połączeń silnika indukcyjnego jednofazowego a) z fazą rozruchową kondensatorową b) z pomocniczą fazą kondensatorową [7]

Jednofazowe silniki indukcyjne małej mocy najczęściej są budowane jako silniki z tzw. zwartą fazą pomocniczą. Stojan takiego silnika wykonany jest z pakietu blach o kształtach jak na rysunku 4.2.8. Uzwojenie stojana jest wykonane w postaci cewki osadzonej na biegunach wydających. Jeżeli cewki są dwie to połączone są w szereg. Każdy biegun podzielony jest na dwie nierówne części,

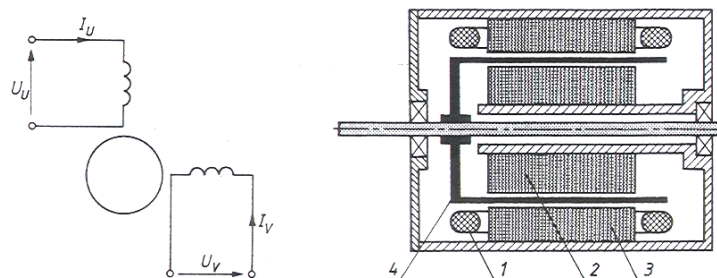
¹ Kąt elektryczny $\alpha_e = p(360^\circ/Q)$ gdzie: p – liczba par biegunów, Q – liczba żłobków

z których mniejsza jest objęta zwojem zwartym (pierścieniem), który spełnia rolę uzwojenia pomocniczego.



Rys. 4.2.8. Silnik jednofazowy ze zwartą fazą pomocniczą [7]

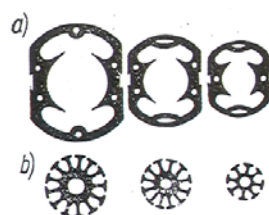
Silniki indukcyjne dwufazowe są stosowane jako tzw. silniki wykonawcze w układach sterowania i regulacji. Dwa uzwojenia umieszczone w żłobkach stojana są przesunięte względem siebie na obwodzie o kąt elektryczny 90° . Jedno z nich jest nazywane sterującym, drugie wzbudzającym. Wirnik może być wykonany jako klatkowy, ale częściej stosuje się budowę kubkową. Silnik taki ma nieruchomy stojan zewnętrzny i wewnętrzny, a jego wirnik wykonany w postaci cienkiego cylindra, wiruje w szczeliny powietrznej między stojanami (rys. 4.2.9). Silnik ten nazywa się często kubkowym lub Ferrarisa.



Rys. 4.2.9. Zasada budowy silnika indukcyjnego kubkowego [7]

1 – uzwojenie stojana, 2, 3 – wewnętrzna i zewnętrzna część magnetowodu, 4 – wirnik kubkowy

Jednofazowy silnik komutatorowy zbudowany jest tak samo jak szeregowy silnik prądu stałego z tą różnicą, że jego jarzmo i bieguny wykonane są z blach (rys. 4.2.10) w celu zmniejszenia prądów wirowych wywołanych przez przemienny strumień magnetyczny. Uzwojenie wzbudzenia silnika połączone jest szeregowo z uzwojeniem wirnika, podobnie jak w silniku szeregowym prądu stałego. Moment obrotowy silnika powstaje w wyniku współdziałania prądu wirnika i pola magnetycznego biegunów. Przy zmianie zwrotu prądu, zwrot momentu obrotowego pozostaje bez zmiany, gdyż zmienia się zwrot prądu zarówno w uzwojeniu stojana, jak i w uzwojeniu wirnika.



Rys. 4.2.10. Typowe wykroje blach silników komutatorowych a) stojana, b) wirnika [20]

1 – uzwojenie stojana, 2, 3 – wewnętrzna i zewnętrzna część magnetowidu, 4 – wirnik kubkowy

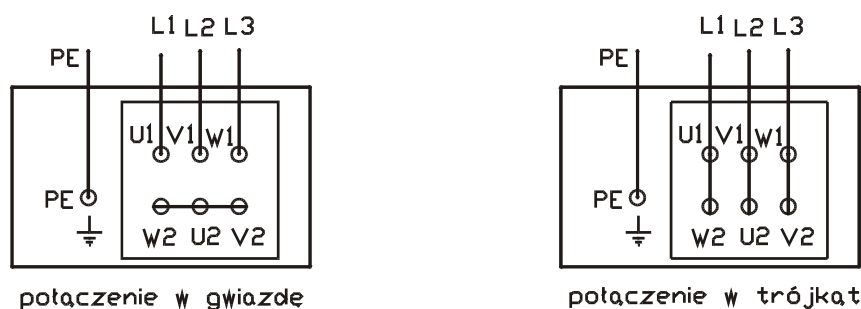
Rozruch silników indukcyjnych

Podczas bezpośredniego włączenia silnika do sieci prąd rozruchowy może być 9 razy większy od prądu znamionowego tego silnika, a moment rozruchowy może być mniejszy od momentu znamionowego. Właściwości rozruchowe silników można zmienić przez:

- zmianę wartości napięcia zasilania stojana - tylko przy rozruchu lekkim (za pomocą transformatora, autotransformatora, bądź przełącznika gwiazda-trójkąt);
- włączenie rezystancji lub reaktancji w obwód stojana;
- włączenie rezystancji lub reaktancji w obwód wirnika;
- zmianę częstotliwości napięcia zasilającego uzwojenie stojana.

Podłączenie silnika indukcyjnego trójfazowego do sieci

W celu podłączenia silnika do sieci zasilającej należy odczytać z tabliczki znamionowej wartość napięcia przy połączeniu uzwojeń silnika w gwiazdę lub trójkąt. W zależności od tego, jakie jest napięcie fazowe uzwojenia (mniejsze z tych dwóch napięć) i jakie jest napięcie sieci zasilającej, łączy się końce uzwojenia stojana odpowiednio w gwiazdę lub w trójkąt, a do zacisków oznaczonych U1, V1 i W1 podłącza się przewody fazowe (rys. 4.2.11). Należy również pamiętać o podłączeniu do zacisku ochronnego przewodu PE.



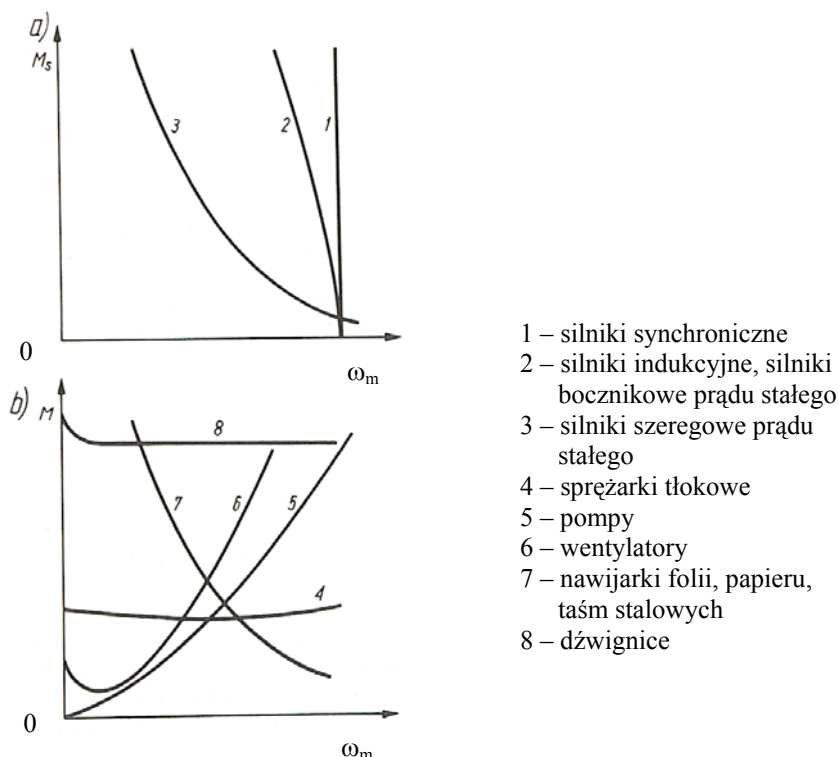
Rys. 4.2.11. Sposób połączeń zacisków na tabliczce zaciskowej przy skojarzeniu uzwojenia w gwiazdę i trójkąt [21]

Zmiana kierunku wirowania

Po podłączeniu przewodów zasilających do uzwojenia stojana może okazać się, że silnik wiruje w niewłaściwym kierunku. Zmianę kierunku wirowania silnika trójfazowego uzyskuje się przez zmianę kolejności faz. W praktyce oznacza to, że zamienia się miejscami dwie dowolne fazy zasilające silnik. Można to wykonać na tabliczce zaciskowej silnika lub w dowolnym miejscu obwodu zasilającego ten silnik.

Dobór silnika do maszyny napędzanej

Silnik musi pokryć zapotrzebowanie mocy maszyny napędzanej w każdym zakresie prędkości obrotowych. Zależności M_s i n są różne dla silników i maszyn napędzanych (rys. 4.2.12). Silnik musi być tak dobrany, aby w każdym punkcie pracy dawał potrzebny moment obrotowy, bez obawy rozbiegania się.



Rys. 4.2.12. Statyczne charakterystyki mechaniczne a) silników elektrycznych, b) maszyn napędzanych [14]

Przy doborze silnika napędowego należy wziąć pod uwagę, oprócz rodzaju prądu, następujące kryteria: sposób mocowania, rodzaj ochrony i chłodzenia, rodzaj i warunki pracy, dane znamionowe.

Moc znamionową silnika napędowego oblicza się ze wzorów:

- przy bezpośrednim sprzęgnięciu z wałem maszyny roboczej

$$P_N \geq M_{op} \cdot \omega_m \quad [\text{W}]$$

- przy napędzie maszyny roboczej za pośrednictwem przekładni

$$P_N \geq M_{op} \frac{\omega_m}{\eta_m \cdot i} \quad [\text{W}] ,$$

w których:

η_m – sprawność mechaniczna przekładni,

i – przełożenie przekładni.

Związek między prędkością kątową i obrotową określa się wzorem:

$$\omega_m = \frac{\pi \cdot n}{30} ,$$

w którym:

n – prędkość obrotowa [obr/min],

ω_m - prędkość kątowa [rad/s].

Dla pracy ciągłej silnika moc silnika wyznacza się ze wzoru:

$$P = \frac{M_{op} \cdot n}{9550 \cdot \eta} \quad [\text{kW}] ,$$

w którym:

η - sprawność urządzenia napędzanego,

n - prędkość obrotowa [obr/min],

M_{op} – moment oporowy w [N·m].

Dla ruchu prostoliniowego (wzór ten dotyczy głównie dźwigów):

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot \eta} \quad [\text{kW}] ,$$

w którym:

F – siła [N],

v - prędkość [m/s].

Dla pomp oblicza się moc według wzoru:

$$P = \frac{Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} \cdot \gamma \quad [\text{kW}] ,$$

w którym:

Q – natężenie przepływu cieczy [m^3/s],

H – wysokość podnoszenia [m],

γ - ciężar właściwy N/m^3 ,

$\eta = 0,8 \div 0,9$ dla pomp tłokowych; $\eta = 0,4 \div 0,8$ dla pomp odśrodkowych.

Dla wentylatorów moc oblicza się ze wzoru:

$$P = \frac{Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} \quad [\text{kW}] ,$$

w którym:

Q – natężenie przepływu powietrza (gazu) [m^3/s],

H – ciśnienie [Pa],

$\eta = 0,6$ dla małych wentylatorów; $\eta = 0,8$ dla dużych wentylatorów.

Moc dobieranego silnika do obrabiarki oblicza się ze wzoru:

$$P = \frac{F \cdot v}{1000 \cdot 60\eta} \quad [\text{kW}] ,$$

w którym:

F – siła skrawania [N],

v - prędkość skrawania [m/min],

η - sprawność obrabiarki, zależna od n .

Dobór zabezpieczeń do silnika

W celu niedopuszczenia do uszkodzenia, każdy silnik powinien mieć zabezpieczenie przeciążeniowe i zwarciovowe.

Przełącznik termobimetalowy dobiera się tak, aby istniała na nim możliwość ustawienia prądu zadziałania:

$$I_T = (1,05 \div 1,1) I_N ,$$

w którym:

I_T - prąd nastawiany na przełączniku termicznym,

I_N – prąd znamionowy silnika.

Wkładkę topikową (bezpiecznik) dobiera się tak, aby wytrzymała prąd rozruchu silnika. Prąd znamionowy bezpiecznika zwłocznego określa się z zależności:

$$I_B = \frac{kI_N}{\alpha} ,$$

w której:

I_B - znamionowy prąd wkładki,

k - krotność prądu rozruchu (podawana w katalogach) zawiera się między 4 a 7,

I_N - prąd znamionowy silnika,

α - współczynnik zależny od czasu trwania rozruchu (1,5 - rozruch ciężki, 3 - rozruch lekki).

Wyłącznik instalacyjny, dobiera się podobnie jak bezpiecznik, o prądzie znamionowym, nieznacznie większym od prądu znamionowego silnika i o charakterystyce typu C.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie znasz rodzaje silników elektrycznych?
2. O czym mówią dane znamionowe silnika elektrycznego?
3. Jakie dane zawiera tabliczka znamionowa silnika elektrycznego?
4. Jaka jest zależność między mocą i momentem w silniku elektrycznym?
5. Jakie maszyny można zaliczyć do grupy maszyn specjalnych prądu stałego?
6. W jaki sposób reguluje się prędkość kątową silników prądu stałego?
7. Co nazywamy rozruchem?
8. Jakie znasz sposoby rozruchu silników prądu stałego?
9. Jaka jest budowa i zasada działania silnika indukcyjnego?
10. Jak dobieramy silnik do maszyny napędzanej?
11. Jak dobieramy zabezpieczenia do silnika?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Podaj rodzaje pracy i stopnie ochrony maszyn elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać normę, określającą rodzaje pracy i stopnie ochrony maszyn elektrycznych,
- 2) zapoznać się z zawartością normy,
- 3) zapisać rodzaje pracy i stopnie ochrony maszyn elektrycznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- wersja elektroniczna wykazu aktualnych norm,
- aktualne normy dotyczące maszyn elektrycznych,
- literatura.

Ćwiczenie 2

Opisz budowę, zasadę działania i zastosowanie elektromagnesów oraz sprzęgieł elektromagnetycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać, w literaturze i źródłach pozatekstowych, informacje o elektromagnesach i sprzęgłach elektromagnetycznych,
- 2) opisać budowę, zasadę działania oraz zastosowanie elektromagnesów i sprzęgieł elektromagnetycznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura,
- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu.

Ćwiczenie 3

Wyszukaj dane znamionowe silnika elektrycznego oznaczonego Sg 112 M-4.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać, w literaturze i źródłach pozatekstowych, informacje o oznaczeniach literowych typów silników elektrycznych,
- 2) zapisać, jaki typ silnika jest oznaczony podanym symbolem,
- 3) wyszukać, w katalogach silników elektrycznych, informacje dotyczące tego typu silnika elektrycznego,
- 4) zapisać dane znamionowe dla silnika elektrycznego oznaczonego podanym symbolem.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- katalogi silników elektrycznych,
- literatura.

Ćwiczenie 4

Podaj, jak są oznaczane zaciski uzwojeń maszyn prądu stałego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać, w literaturze i źródłach pozatekstowych, informacje o oznaczeniach zacisków uzwojeń maszyn prądu stałego,
- 2) zapisać, jak są oznaczane zaciski uzwojeń maszyn prądu stałego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko komputerowe z dostępem do Internetu,
- literatura.

Ćwiczenie 5

Opisz zasadę działania silnika krokowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać, w literaturze zasadę działania silnika krokowego,
- 2) opisać zasadę działania silnika krokowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 6

Dobierz trójfazowy silnik klatkowy do napędu wentylatora o maksymalnym momencie oporowym równym 30 N·m, prędkości obrotowej 1440 obr/min i napięciu zasilania 400 V.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) dobrać wzór do obliczenia mocy silnika napędzającego wentylator o określonych w ćwiczeniu danych,
- 2) obliczyć moc silnika P ,
- 3) wyszukać w katalogach trójfazowych silników klatkowych, typ silnika o mocy spełniającej warunek $P_N \geq P$ i określonej prędkości obrotowej,
- 4) zapisać typ silnika oraz jego dane znamionowe.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi silników elektrycznych,
- literatura.

Ćwiczenie 7

Dobierz aparaturę zabezpieczającą i stycznik, pracujący w kategorii użytkowania AC-3 do silnika Sg 112 M-2.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać, w katalogach silników elektrycznych, informacje dotyczące podanego typu silnika elektrycznego,
- 2) zapisać dane znamionowe dla silnika elektrycznego oznaczonego podanym symbolem,
- 3) wyszukać w katalogach stycznik, pracujący w kategorii AC-3, odpowiedni do znamionowej mocy silnika i jego napięcia znamionowego oraz przekaźnik termobimetalowy odpowiedni do prądu znamionowego tego silnika,
- 4) obliczyć prąd wkładki bezpiecznikowej, uwzględniając krotność prądu rozruchowego oraz rozruch lekki silnika,

- 5) zapisać typ stycznika, typ przekaźnika termobimetalowego i zakres jego prądów oraz typ wkładki bezpiecznikowej i jej prąd znamionowy, dobranych do danego silnika.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi silników elektrycznych, styczników, aparatury zabezpieczającej,
- literatura.

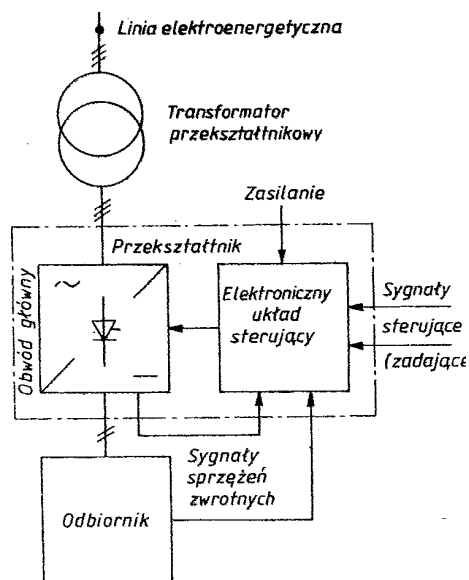
4.2.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) zinterpretować dane zawarte na tabliczce znamionowej silnika elektrycznego?	☐	☐
2) przeanalizować działanie silników elektrycznych?	☐	☐
3) dobrać silniki elektryczne do określonych zastosowań?	☐	☐
4) dobrać aparaturę zabezpieczającą i łączeniową do silników elektrycznych?	☐	☐

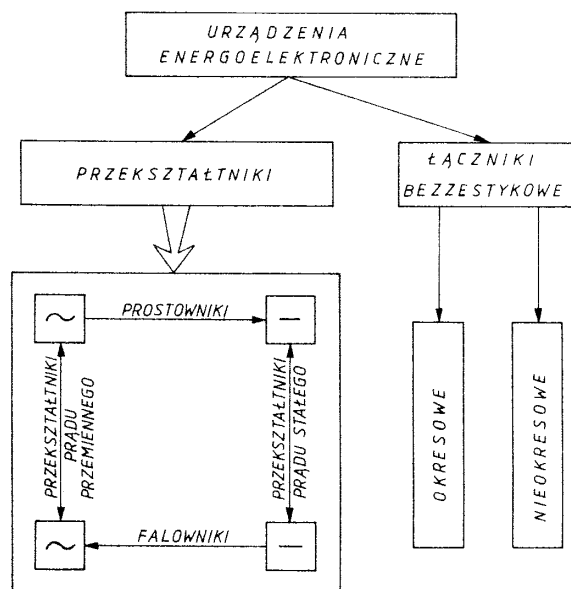
4.3. Układy zasilające

4.3.1. Materiał nauczania

Urządzenia wykonawcze i sterujące mogą być zasilane z trójfazowej linii napięcia przemiennego bezpośrednio lub przy pomocy urządzenia energoelektronicznego, którego schemat funkcjonalny przedstawiano na rysunku 4.3.1.



Rys. 4.3.1. Schemat funkcjonalny urządzenia energoelektronicznego [12]
Podział urządzeń energoelektronicznych przedstawiano na rysunku 4.3.2.

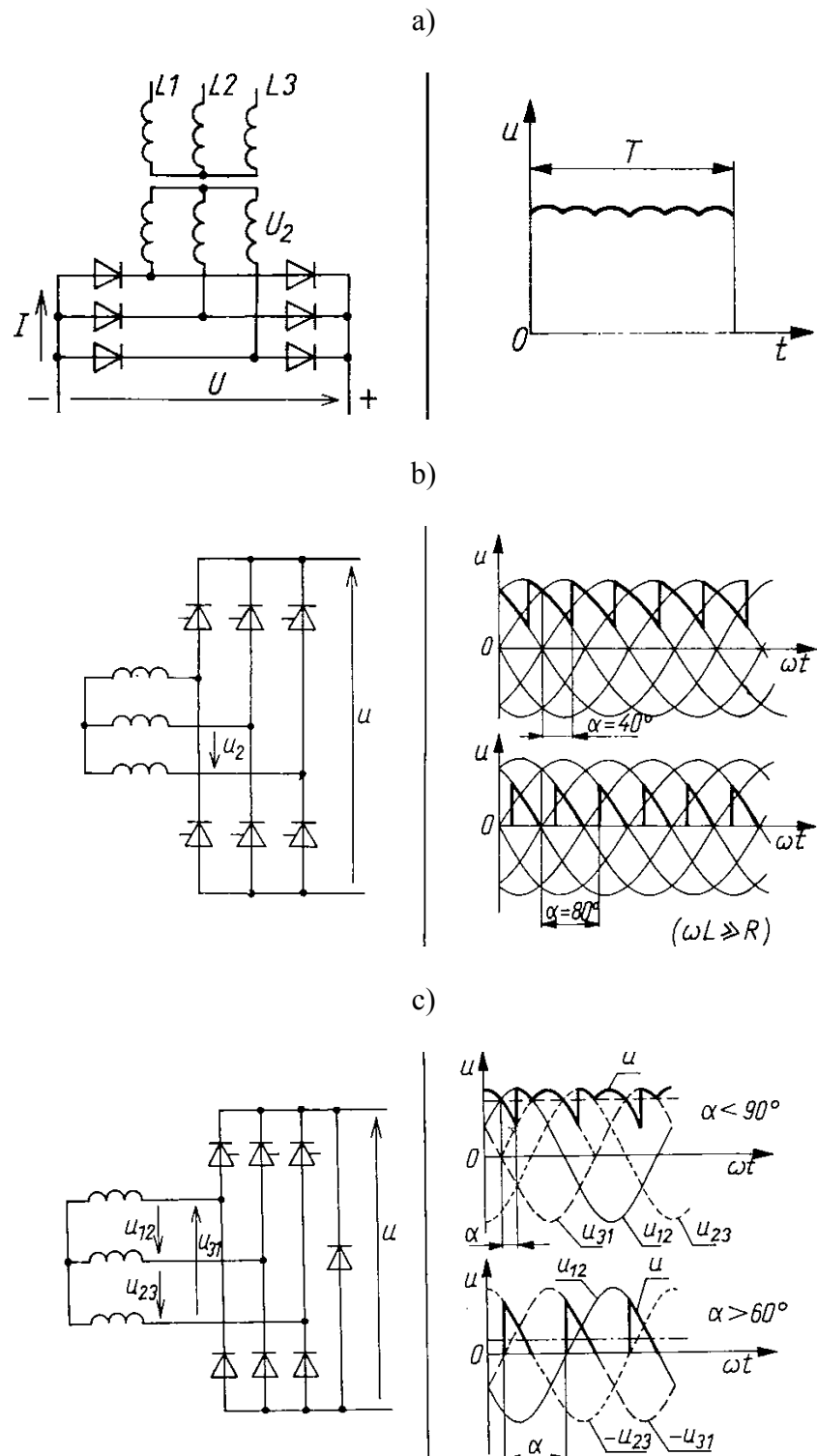


Rys. 4.3.2. Podział urządzeń energoelektronicznych [12]

Prostowniki

Prostowniki przekształcają energię dostarczoną z sieci prądu przemiennego na energię prądu stałego.

Prostowniki w zależności od liczby faz napięcia zasilającego dzielimy na: jednofazowe, trójfazowe i wielofazowe. W zależności od użytych elementów na: niesterowane (diodowe), sterowane (tyrystorowe) i półsterowane (diodowo-tyrystorowe) (rys. 4.3.3). W zależności od liczby pulsów napięcia wyprostowanego przypadających na jeden okres napięcia zasilającego na: jednopulsowe i dwupulsowe – prostowniki jednofazowe; trójpulsowe i sześciopulsowe – prostowniki trójfazowe; n-pulsowe – prostowniki n-fazowe.



Rys. 4.3.3. Układy prostownika trójfazowego mostkowego: a) niesterowany, b) sterowany, c) półsterowany [21]

Dobierając prostownik do odpowiedniego zastosowania należy poznać odpowiednie zależności między prądem i napięciem na jego wejściu i wyjściu.

W prostownikach sterowanych i niesterowanych określa się zależności między:

- wartością skuteczną prądu wejściowego I_L a wartością średnią prądu wyprostowanego I_d ,
- wartością średnią napięcia wyjściowego U_d a wartością skuteczną międzyfazowego napięcia przemiennego na wejściu prostownika U_L ,
- wartością skuteczną prądu płynącego przez diodę I_{C1} a wartością średnią prądu wyprostowanego I_d ,
- wartością średnią prądu płynącego przez diodę I_{C1} a wartością średnią prądu wyprostowanego I_d ,
- wartością maksymalną napięcia na diodzie lub tyrystorze w czasie nieprzewodzenia (U_{iM}/U_d) a kątem przewodzenia prądu λ przez tyrystor lub diodę.

Zależność między wielkościami wejściowymi i wyjściowymi najczęściej stosowanych układów prostowników niesterowanych przedstawiono w tabeli 4.3.1, natomiast zależność między napięciem wyjściowym a wejściowym najczęściej stosowanych prostowników sterowanych przy różnych kątachysterowania - w tabeli 4.3.2.

Tabela 4.3.1. Zależność między wielkościami wejściowymi i wyjściowymi układów prostowników niesterowanych [5]

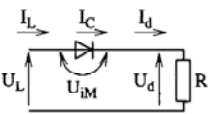
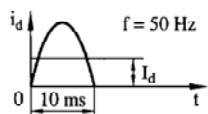
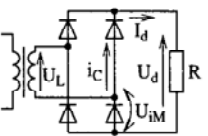
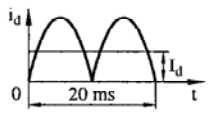
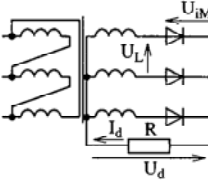
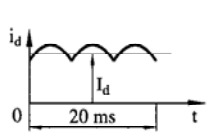
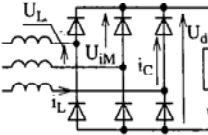
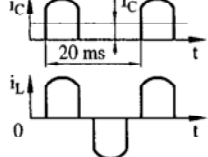
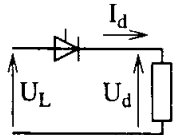
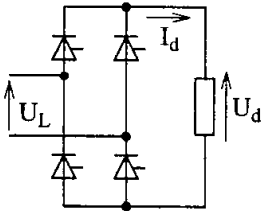
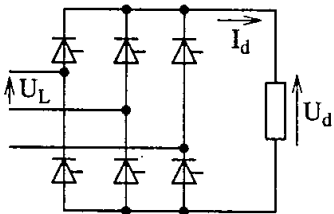
Rodzaj układu prostownika niesterowanego	Przebiegi prądowe	$\frac{I_{C1}}{I_d}$	$\frac{I_{C2}}{I_d}$	$\frac{U_d}{U_L}$	$\frac{U_{iM}}{U_d}$	$\frac{I_L}{I_d}$	Liczba diod
		1,414	1	0,45	3,14	—	1
		0,555	0,5	0,9	1,57	1,11	4
		0,577	0,33	0,675	2,09	—	3
		0,577	0,33	1,35	1,05	0,816	6

Tabela 4.3.2. Zależność między napięciem wyjściowym a wejściowym prostowników sterowanych przy różnych kątach wysterowania [5]

Lp.	Rodzaj układu prostownika sterowanego	Rodzaj przewodzenia prądu	
		przerywne	ciągłe
1.		$\frac{U_d}{U_L} = 0,225 (1 + \cos \alpha)$	—
2.		$\frac{U_d}{U_L} = 0,45 (1 + \cos \alpha)$	$\frac{U_d}{U_L} = 0,9 \cos \alpha$
3.		$\frac{U_d}{U_L} = 0,675 (1 + \cos \alpha)$	$\frac{U_d}{U_L} = 1,35 \cos \alpha$

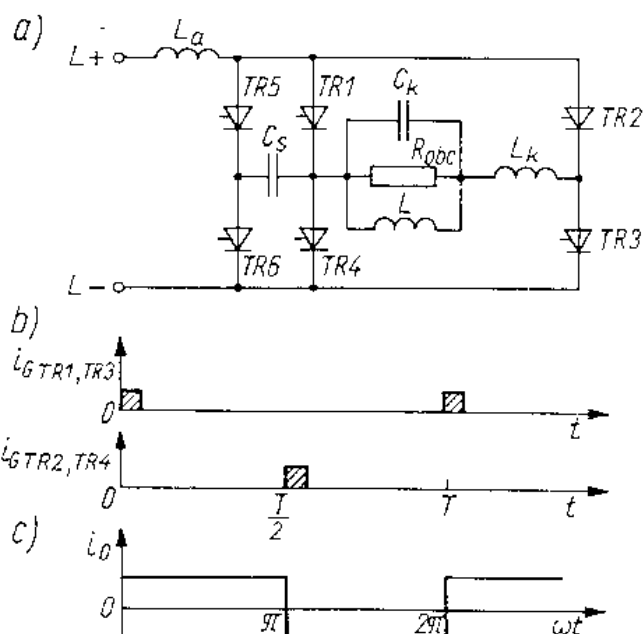
Diody i tyrystory dobiera się, uwzględniając wartości średnie płynących przez nie prądów. Elementy zabezpieczeń i przekroje przewodów dobiera się, uwzględniając wartości skuteczne prądów.

Falowniki

Falowniki są to przekształtniki zmieniające energię prądu stałego na energię prądu przemiennego o stałych lub regulowanych parametrach (częstotliwość i wartość skuteczna).

Prostowniki znajdujące się w stanie pracy falownikowej, określa się mianem falowników zależnych o komutacji zewnętrznej lub falowników o komutacji sieciowej. Prostowniki sterowane znajdują się w stanie pracy falownikowej wówczas, gdy napięcie zasilające polaryzuje tyrystor w kierunku zaporowym, a przez tyrystor płynie prąd. Wówczas oddawana jest energia z odbiornika do źródła (sieci). Falownik, którego praca nie zależy od występowania źródła napięcia przemiennego w obwodzie odbierającym energię, nazywamy falownikiem niezależnym lub o komutacji wymuszonej. Falowniki najczęściej budowane są jako jednofazowe lub trójfazowe.

Falowniki nie wytwarzają napięcia sinusoidalnego, a jedynie napięcie prostokątne (rys. 4.3.4). Należy pamiętać o tym, że falownik jest źródłem zakłóceń w liniach zasilających. Powstałe zakłócenia mogą pogarszać pracę innych urządzeń.



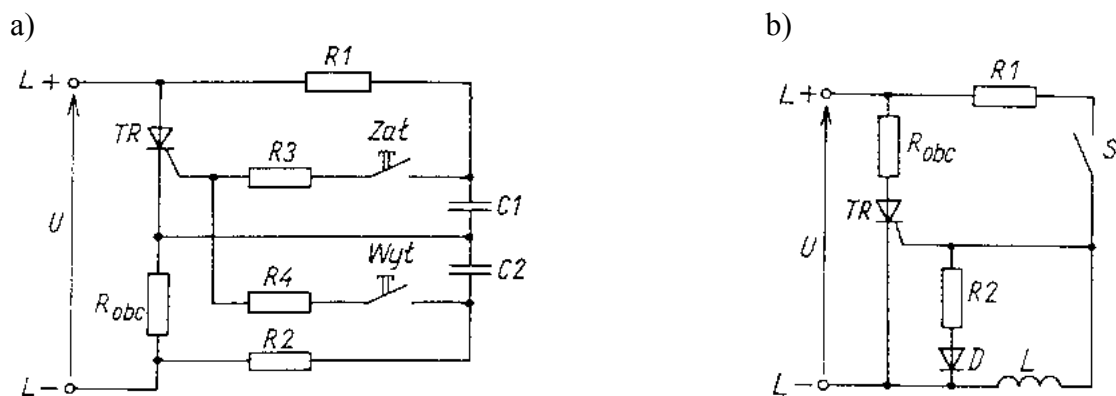
Rys. 4.3.4. Falownik prądu z kondensatorem włączonym równolegle do odbiornika:

a) układ połączeń z tyrystorami rozruchowymi $TR5$ i $TR6$ oraz kondensatorem C_s , b) przebiegi impulsów sterujących, c) przebieg prądu odbiornika [21]

Łączniki bezstykowe

Łączniki bezstykowe służące do załączania i wyłączania odbiorników, są nazywane łącznikami statycznymi, stycznikami statycznymi lub wyłącznikami statycznymi. W obwodach prądu przemiennego lub stałego umożliwiają one zmianę wartości skutecznej napięcia, prądu lub zmianę mocy czynnej dostarczanej do odbiornika. W obwodach prądu przemiennego nazywane są sterownikami mocy, a w obwodach prądu stałego przerywaczami okresowymi lub czoperami.

W łączniku bezstykowym prądu stałego z tyrystorem wyłączalnym (rys. 4.3.5), należy podczas wyłączania doprowadzić do obwodu bramki impuls o biegunowości przeciwnej i amplitudzie większej niż podczas załączania. Odwrotnie spolaryzowany impuls wyłączający możemy uzyskać w układzie z kondensatorem lub cewką.



Rys. 4.3.5. Łącznik tyrystorowy prądu stałego z tyrystorem wyłączalnym – układ z a) kondensatorem, b) cewką [21]

Dobór przyrządów półprzewodnikowych

Parametry przyrządów półprzewodnikowych są podawane w katalogach jako: wartości dopuszczalne, przy których przyrząd może jeszcze pracować w sposób ciągły; wartości graniczne (maksymalne lub minimalne), po przekroczeniu których przyrząd może ulec zniszczeniu.

Dobór prądowy polega na przeprowadzeniu obliczeń termicznych dla wyznaczonych strat mocy występujących w przyrządzie we wszystkich stanach pracy.

Dobór napięciowy przyrządów polega na określeniu dopuszczalnych wartości napięć powtarzalnych z zachowaniem odpowiedniego współczynnika bezpieczeństwa.

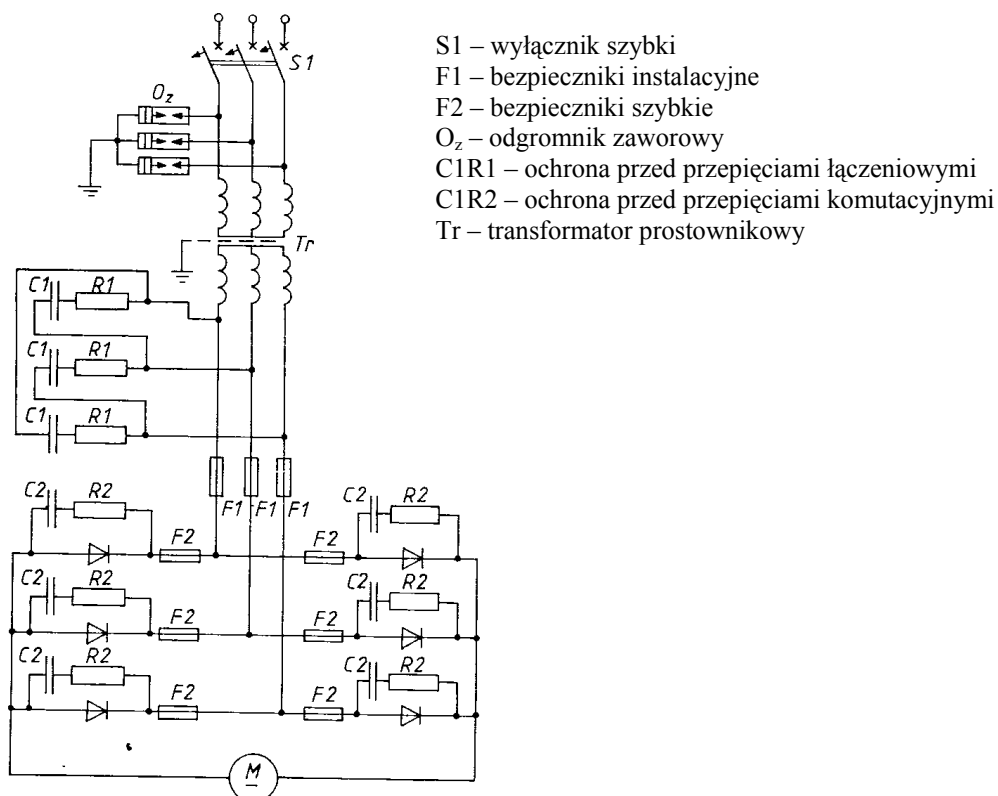
Zabezpieczenie przed przeciążeniami i zwarciami

Ochronę przekształtnika przed przeciążeniami i zwarciami stanowi umieszczony na jego wejściu wyłącznik wyposażony w wyzwalacze termiczne i zwarciovowe lub bezpieczniki topikowe szybkie umieszczone w fazach linii zasilającej.

Zabezpieczenie przed przepięciami

Przyrządy półprzewodnikowe są mało odporne na działanie napięć o dużej wartości szczytowej. Przekroczenie granicznego napięcia wstecznego lub napięcia blokowania może spowodować uszkodzenie przyrządu. Wynika stąd konieczność założenia dużego marginesu bezpieczeństwa podczas doboru przyrządu. Margines ten zazwyczaj wynosi $1,5 \div 2,5$ powtarzalnego napięcia szczytowego przyrządu półprzewodnikowego.

Dodatkowo przyrządy półprzewodnikowe powinny mieć ochronę przed przepięciami łączeniowymi i komutacyjnymi (rys. 4.3.6). Źródłem przepięć łączeniowych są gwałtowne przejścia z jednego ustalonego stanu pracy do drugiego. Powodem ich powstawania mogą być związane z załączaniem i wyłączaniem obwodu, wyładowania atmosferyczne lub zakłócenia w pracy transformatora. W celu ochrony przed przepięciami, których źródłem są wyładowania atmosferyczne stosujemy odgromniki instalowane po stronie pierwotnej transformatora. Przed przepięciami pochodzącymi od procesów łączeniowych obwodu ochronę zapewniają filtry złożone z szeregowo połączonych elementów R , C , które włączane są między przewody zasilające przekształtnik. Źródłem przepięć komutacyjnych są procesy związane z załączaniem i wyłączaniem prądów płynących przez przyrządy. Aby je ograniczyć stosujemy również filtry RC włączane równolegle do przyrządu.



Rys. 4.3.6. Rozmieszczenie zabezpieczeń nadprądowych i przepięciowych w zespole prostowniczym zasilającym układ napędowy [12]

Bardzo często zachodzi konieczność zabezpieczania przyrządów półprzewodnikowych przed zbyt dużą stromością narastania prądu. Zabezpieczenie to uzyskujemy stosując dławiki włączone w szereg z odbiornikiem.

4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie układy nazywamy przekształtnikami?
2. Przed czym i jak zabezpieczamy przyrządy półprzewodnikowe?
3. Jak dobieramy przyrządy półprzewodnikowe?

4.3.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Narysuj schematy prostowników jednofazowych dwupulsowych: niesterowanych, sterowanych i półsterowanych wraz z przebiegami napięcia wejściowego i wyjściowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze schematy prostowników jednofazowych dwupulsowych,
- 2) narysować schematy prostowników jednofazowych dwupulsowych,
- 3) dokonać analizy działania prostowników jednofazowych dwupulsowych,
- 4) narysować przebiegi napięcia wejściowego i wyjściowego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 2

Wyjaśnij zasadę działania łącznika prądu stałego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych i literaturze informacje o łącznikach prądu stałego,
- 2) opisać zasadę działania łączników prądu stałego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 3

Wyszukaj układy łączników prądu przemiennego jedno- i trójfazowych. Opisz ich zasadę działania.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinieneś:

- 1) wyszukać w literaturze schematy łączników prądu przemiennego jedno- i trójfazowych,

- 2) narysować układy łączników prądu przemiennego jedno- i trójfazowych,
- 3) wypisać parametry łączników prądu przemiennego jedno- i trójfazowych,
- 4) opisać zasadę działania łączników prądu przemiennego jedno- i trójfazowych.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 4*

Dobierz układy przekształtnikowe do regulacji prędkości obrotowej silnika szeregowego prądu stałego o napięciu znamionowym 220 V. Porównaj ich parametry i uzasadnij wybór.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) wyszukać w literaturze informacje o układach przekształtnikowych służących do regulacji napięcia,
- 2) narysować układy przekształtnikowe do regulacji napięcia,
- 3) wypisać parametry zaproponowanych układów,
- 4) porównać parametry układów przekształtnikowych,
- 5) napisać uzasadnienie doboru układu do regulacji prędkości obrotowej silnika szeregowego prądu stałego.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura.

4.3.4. Sprawdzian postępów

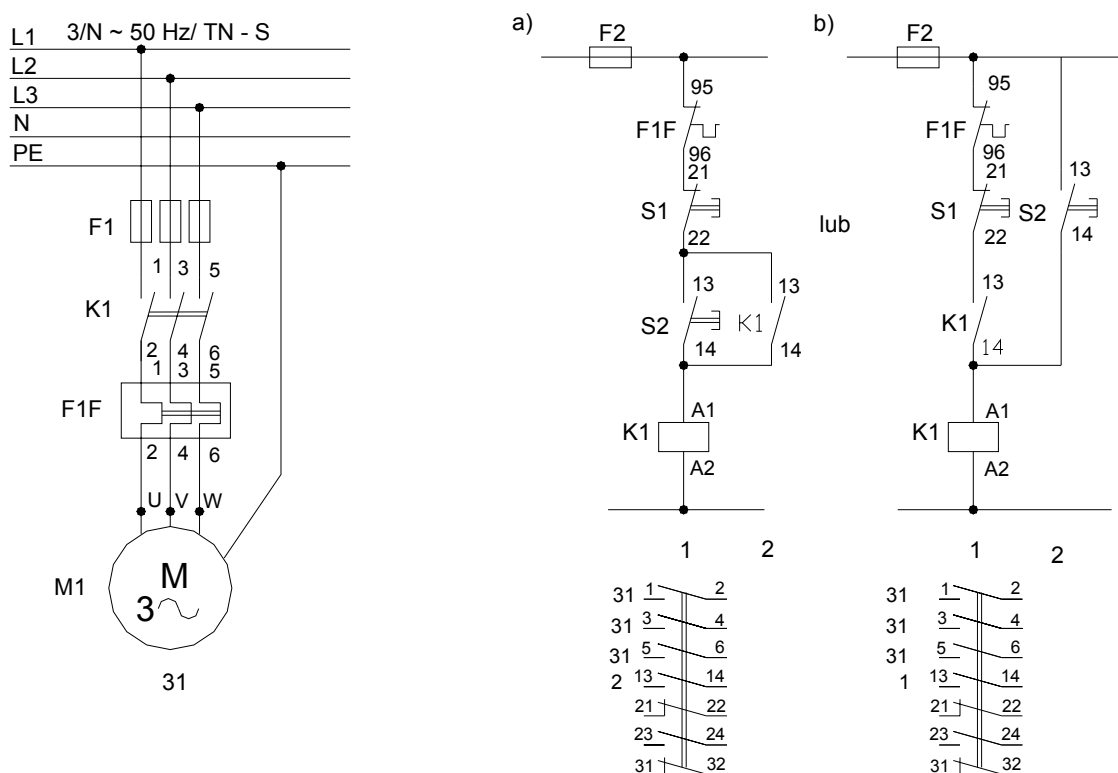
	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) rozróżnić układy przekształtnikowe?	☐	☐
2) narysować schematy prostowników sterowanych, półsterowanych i niesterowanych?	☐	☐
3) narysować schematy łączników prądu stałego i przemiennego?	☐	☐
4) wyjaśnić zasadę działania łączników prądu stałego i przemiennego?	☐	☐
5) dobrać układy zasilające do silników elektrycznych?	☐	☐

4.4. Układy sterowania

4.4.1. Materiał nauczania

Układ sterowania to zespół złożony z obiektu sterowania i oddziałującego na niego urządzenia (systemu) sterującego. Najprostszym elektrycznym urządzeniem sterującym jest stycznik, który służy do włączania i wyłączania urządzeń wykonawczych.

Podstawowym układem sterującym jest układ „załłącz - wyłącz” lub „start – stop” przedstawiono na rysunku 4.4.1.



Rys. 4.4.1. Stycznikowy układ „załłącz – wyłącz”

Opis działania układu sterowania

Po naciśnięciu przycisku S2 (start) zostaje zamknięty obwód elektryczny, w którym znajduje się cewka elektromagnesu stycznika K1. Przepływ prądu przez cewkę K1 powoduje przyciągnięcie zwory napędzającej styki ruchome torów głównych i pomocniczych stycznika. Styki ruchome K1 zwierają tory główne, powodując przepływ prądu przez uzwojenia silnika. Silnik zaczyna wirować.

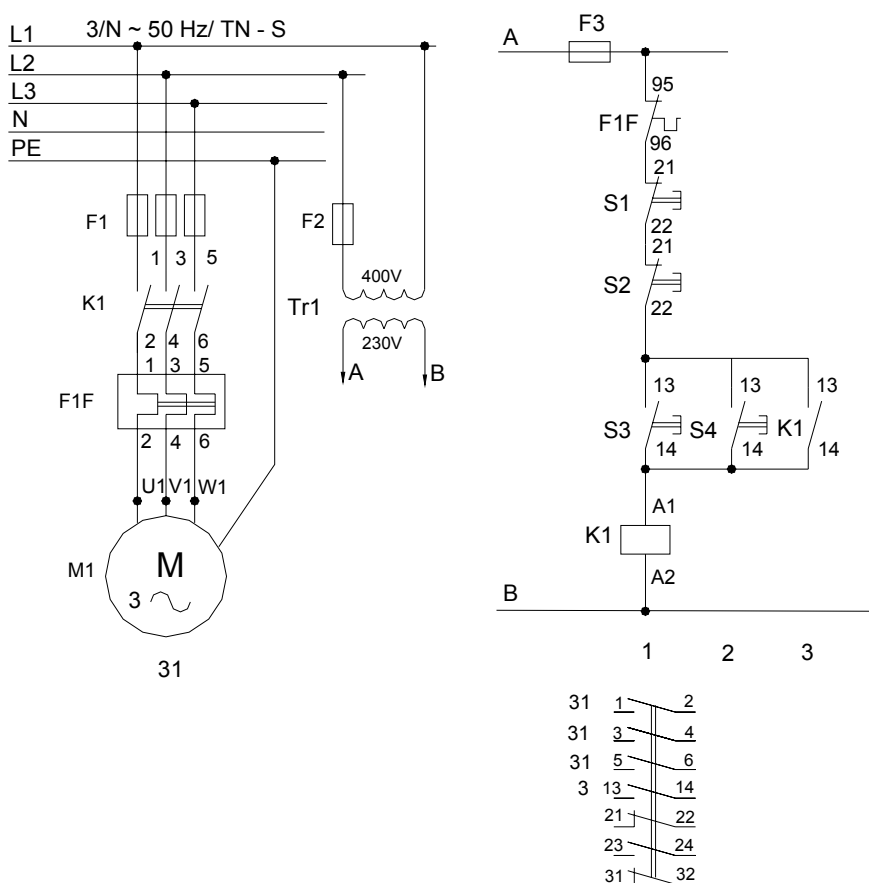
W tym samym czasie zostaje zwarty styk pomocniczy „no” stycznika K1 powodując mostkowanie (zwarcie) przycisku S2. Zwolnienie przycisku S2 nie spowoduje wyłączenia stycznika, ponieważ cewka stycznika zasilana jest przez zamknięty styk „no” K1, jest to samopodtrzymanie się stycznika. Aby wyłączyć stycznik, należy nacisnąć przycisk S1. Samoczynne wyłączenie stycznika nastąpi również w przypadku zadziałania przekaźnika termicznego F1F, który zabezpiecza silnik przed przeciążeniem.

Z analizy działania tego układu wynika, że działa on podobnie jak przerzutnik RS. Funkcję przycisku R (reset) pełni przycisk S1, a S (set) przycisk S2. Układ ten pamięta jeden bit informacji i może pełnić funkcję pamięci.

Analiza działania układu sterowania

Schematy układów elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych rysuje się najczęściej oddzielając od siebie obwód zasilający elektryczne elementy wykonawcze (obwód prądowy) od obwodu sterowania.

Analizę działania układu, przedstawionego na rysunku 4.4.2, załączenia i wyłączenia silnika trójfazowego z dwóch miejsc przeprowadzamy dla obwodu prądowego i sterowania.



Rys. 4.4.2. Układ załączenia i wyłączenia silnika trójfazowego z dwóch miejsc

Obwód prądowy

Układ jest zasilany z sieci trójfazowej prądu przemiennego 400 V/50 Hz. Bezpieczniki topikowe F1 zabezpieczają styki główne (robocze) stycznika K1, przewody zasilające i silnik M1 przed skutkami zwarcia. Styki główne stycznika K1 załączają lub wyłączają napięcie zasilające silnik M1. Przekaźnik termiczny F1F zabezpiecza silnik przed skutkami przepływu zbyt dużego prądu (przeciążenia). Połączenie obudowy silnika przez zacisk ochronny z przewodem PE zabezpiecza obsługę przed porażeniem prądem.

Transformator bezpieczeństwa 400/230 V/50 Hz, zabezpieczony od skutków zwarć i przeciążeń bezpiecznikiem topikowym F2, zasila obwód sterowania.

Obwód sterowania

Obwód sterowania zasilany jest napięciem 230 V/50 Hz, a zabezpieczony przed zwarcie przez bezpiecznik F3. Naciśnięcie jednego z łączników przyciskowych (przycisków) S3 lub S4 znajdujących się w gałęziach 1 i 2 powoduje załączenie napięcia na cewkę stycznika K1. W wyniku tego zostają zamknięte styki zwierne w torach głównych (gałąź 31) oraz styku zwiernego pomocniczego K1: 13/14 – gałąź 3. Zwarcie styku pomocniczego K1 powoduje ciągłe zasilanie cewki stycznika K1, samopodtrzymanie. Naciśnięcie przycisku S1 lub S2 (gałąź 1) przerywa obwód cewki stycznika K1, rozłącza styki główne i pomocnicze oraz wyłącza silnik i stycznik. W przypadku przeciążenia silnika zadziała przekaźnik termiczny F1F, który rozwierając swój styk F1F: 95/96 (gałąź 1) wyłączy stycznik.

Projektowanie schematów układów sterowania

Projektowanie schematów układów sterowania sprowadza się do: analizy działania opisanego układu sterowania i określenia jego elementów składowych (np. elementów wykonawczych, aparatury łączeniowej i zabezpieczającej, układu zasilania) niezbędnych do jego realizacji. Efektem tych działań jest sporządzony schemat elektryczny zaprojektowanego układu sterowania.

Zasady rysowania schematów układów sterowania²

Schematy układów elektrycznych przedstawia się w postaci pełnej (schematy całościowe, ideowe) i rozwiniętej (schematy cząstkowe, drabinkowe), jak również w postaci schematów przeglądowych (montażowych). Schematy w postaci całościowej rysuje się obecnie tylko w przypadku bardzo prostych układów stykowych, ponieważ przy układach złożonych stają się one zupełnie nieprzejryste.

Na schematach w postaci rozwiniętej, każdy elektryczny element lub urządzenie obwodu ma swoją „gałąź” lub „tor prądowy”. Zestyki styczników i przekaźników umieszcza się w gałęziach zależnie od realizowanego zadania (funkcji). Zatem na schematach w postaci rozwiniętej nie uwzględnia się konstrukcji danego przyrządu, np. związku pomiędzy cewką i zestykami przekaźnika. Gałęzie prądowe są kolejno numerowane i biegną prostopadle od jednego do drugiego przewodu sieci zasilającej. Połączenia między gałęziami prowadzi się poziomo, unikając w miarę możliwości skrzyżowań przewodów (linii).

Obwód prądowy i sterowania rysuje się oddzielnie.

Schematy stykowych układów elektrycznych przedstawiane są w stanie nie wzbudzonym (nie wystawionym). Elementy mechaniczne są w stanie spoczynku. Jeżeli nie można jednoznacznie przedstawić stanu danego elementu, to należy podać dodatkowe wyjaśnienia.

Symbole łączników należy w miarę możliwości rysować prostopadle do linii zasilających.

Symbole elementów i ich oznaczenia literowo-cyfrowe powinny być zgodne z Polską Normą.

Oznaczenia elementów umieszcza się zwykle z jego lewej strony, oznaczenia zacisku przyłączeniowego zawsze po jego prawej stronie.

Jeden z końców odbiornika (cewka stycznika lub przekaźnika, lampka sygnalizacyjna) zawsze dołączony jest bezpośrednio do jednej z linii zasilających.

Poszczególne części danego urządzenia (np. cewka stycznika, styk zwierne, styk rozwierny) mają takie same oznaczenia, np. zestyki K1 należą do przekaźnika K1. Numeruje się je liczbą stojącą za oznaczeniem literowym.

² Sporządzono na podstawie D. Schmid i in. Mechatronika. REA, Warszawa 2002 oraz E. Hörnemann i in. Elektrotechnika. Instalacje elektryczne i elektronika przemysłowa. WSiP, Warszawa 1998

Na schemacie sterowania pod cewkami styczników i przekaźników podaje się dodatkowo symbole wszystkich styków danego łącznika z ich numerami oraz numerami gałęzi, w której znajduje się dany styk.

Schemat przeglądowy (montażowy) jest planem połączeń. Wynika z niego, jak są ze sobą połączone poszczególne urządzenia i grupy urządzeń elektrycznych.

Liczbę i przekroje żył umieszcza się nad linią przedstawiającą przewód.

Schematy obwodów sterowania dużych urządzeń, rysuje się na specjalnym papierze kreślarskim formatu A4 lub A3. Powierzchnię papieru dzieli się na 10 ponumerowanych obszarów, które określają jednoznacznie usytuowanie danego elementu na schemacie. Wówczas nie trzeba numerować poszczególnych gałęzi schematu.

Kolejne kroki prowadzące do zaprojektowania i narysowania schematu układu sterowania zostaną omówione na przykładzie termowentylatora.

Opis działania termowentylatora

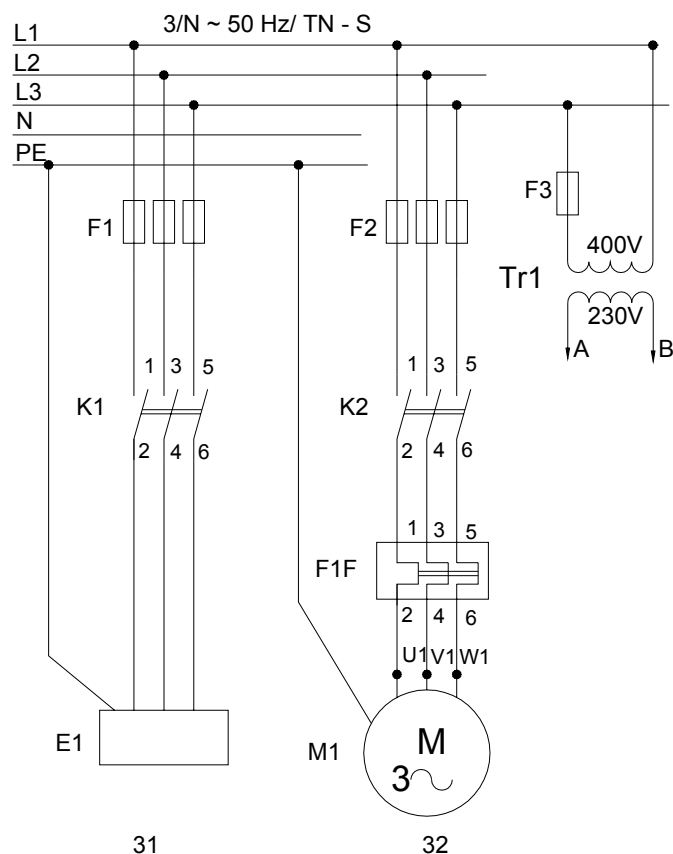
Termowentylator zasilany z trójfazowej sieci 3x400 V/50 Hz składa się z urządzenia grzewczego E1 i wentylatora napędzanego silnikiem M1. Naciśnięcie przycisku S2 powoduje załączenie grzałki. Z chwilą osiągnięcia przez grzałki określonej temperatury zostaje załączony wentylator. Po wyłączeniu grzałek (naciśnięcie przycisku S1), wentylator ma pracować jeszcze przez określony czas.

Projektowanie układu sterowania

Na podstawie powyższego opisu dokonujemy analizy działania układu. Projektowanie i rysowanie układu rozpoczynamy od obwodu prądowego (rys. 4.4.3) i kolejno obwodu sterowania z uwzględnieniem aparatury łączeniowej i zabezpieczającej.

Obwód prądowy (rys. 4.4.3)

Rysujemy pięcioprzewodową trójfazową linię zasilającą, linie zasilające odbiorniki: grzałkę E1 i silnik M1 – uwzględniając zabezpieczenia przeciwzwarceniowe (bezpieczniki topikowe lub wyłączniki instalacyjne) F1, F2, przeciążeniowe silnika - F1F (przełącznik termiczny). W liniach tych znajdują się również styki torów głównych styczników K1 i K2 służących do załączania i wyłączania napięcia z odbiorników. Z linii zasilającej zasilany jest obwód sterowania za pośrednictwem transformatora separującego lub bezpieczeństwa z uwzględnieniem zabezpieczenia przeciwzwarceniowego – F3.



Rys. 4.4.3. Obwód prądowy termowentylatora

Obwód sterowania

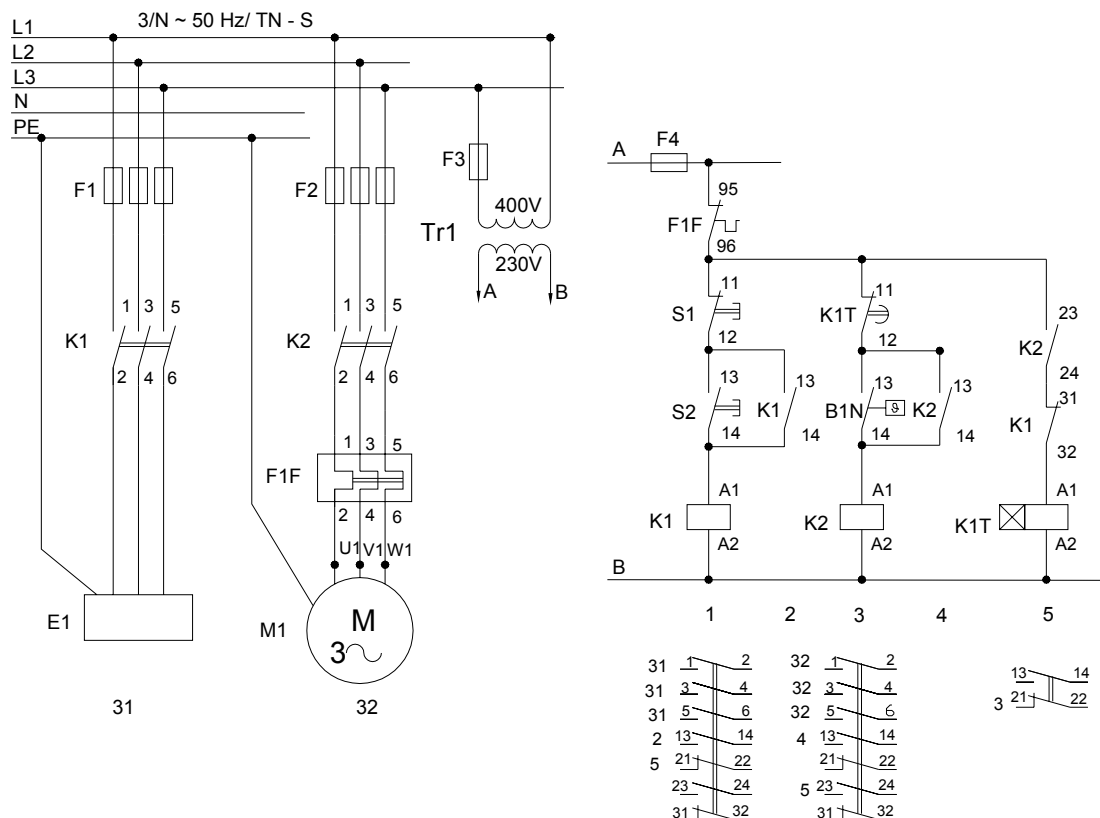
Aby narysować układ sterowania musimy przeanalizować opis działania urządzenia i wywnioskować, jakie elementy (łączniki, czujniki, przekaźniki) oprócz styczników będą nam potrzebne.

Z opisu działania termowentylatora wynika, że: załączenie grzałek następuje po naciśnięciu przycisku S2, a wyłączenie po naciśnięciu przycisku S1, po osiągnięciu przez grzałki określonej temperatury (czujnik temperatury) załączany jest wentylator, po wyłączeniu grzałek wentylator musi pracować jeszcze przez pewien czas (przełącznik czasowy). Grzałki i wentylator powinny być natychmiast wyłączone, jeżeli wentylator zostanie przeciążony.

Narysujmy schemat obwodu sterowania. Linia zasilająca AB zabezpieczona jest bezpiecznikiem topikowym F4. Cewki styczników K1, K2 i przełącznika K1T są dołączone jednym końcem do dolnego przewodu linii zasilającej. W gałęzi 1 narysowanej prostopadle do przewodu górnego linii zasilającej umieszczamy styk pomocniczy przełącznika termicznego F1F: 95/96 (wyłączenie grzałek i silnika wentylatora w przypadku przeciążenia) oraz szeregowo połączone z nim styki „nc” przycisku S1, „no” przycisku S2 oraz cewka stycznika K1. Równolegle do przycisku S2 podłączony jest styk pomocniczy „no” K1 (gałąź 2). Zespół tak połączonych przycisków i styków to układ „załęcz – wyłącz” stycznika K1.

Miedzy stykami F1F i S1 podłączony jest przewód zasilający gałąź 3 i 5. Gałąź 3 stanowią szeregowo połączone elementy: styk „nc” przełącznika czasowego K1T; styk „no” czujnika temperatury B1N; cewka stycznika K2. Równolegle do styku czujnika temperatury B1N włączony jest styk pomocniczy „no” K2 (gałąź 4). Ten zespół elementów, również jest układem „załęcz – wyłącz”, ale stycznika K2. Gałąź 5 składa się z elementów połączonych szeregowo: styku pomocniczego „no” stycznika K2, „nz” K1 i cewki przełącznika czasowego K1T.

Rysunek 4.4.4 przedstawia zaprojektowany schemat rozwinięty układu sterowania termowentylatora.



Rys. 4.4.4. Schemat rozwinięty termowentylatora

4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie zasady obowiązują przy rysowaniu schematów układów sterowania elektrycznego?
2. Jakie kolejne kroki podejmiesz, aby narysować schemat układu sterowania elektrycznego?
3. Co oznaczają liczby wpisane przed schematem styków styczników i przekaźników, umieszczonych pod symbolami ich cewek?
4. Jaką funkcję spełnia transformator w obwodzie prądowym układu termowentylatora?

4.4.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wyszukaj, jakie oznaczenia osprzętu elektrycznego, z uwzględnieniem symbolu literowego rodzaju osprzętu i symbolu literowego funkcji, jaką spełnia w układzie, są stosowane na schematach elektrycznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

- 1) wyszukać w literaturze sposób oznaczenia osprzętu elektrycznego oraz wykaz symboli literowych rodzaju osprzętu i symbolu literowego funkcji, jaką spełnia w układzie, które są stosowane na schematach elektrycznych,
- 2) wykonać kopię tabel i wkleić do notatek.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 2

Mając do dyspozycji dwa przyciski, żarówkę, przewody i źródło napięcia stałego, zrealizuj układy bramek logicznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinien:

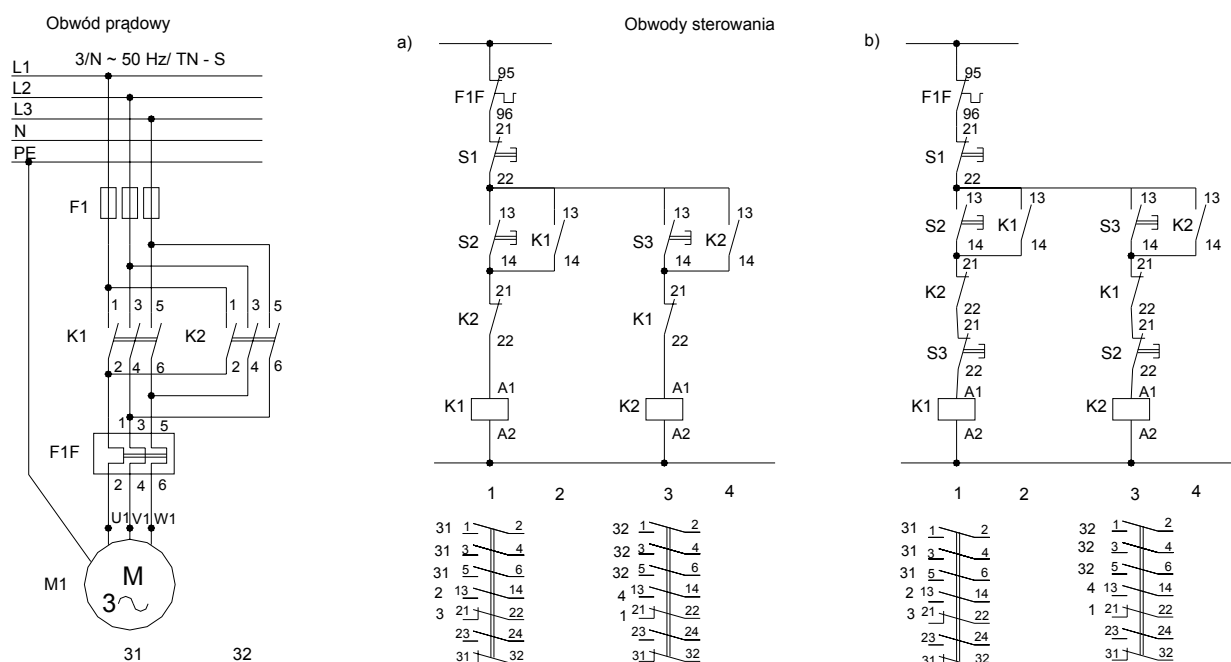
- 1) narysować układy realizujące poszczególne funkcje logiczne z wykorzystaniem styków przycisków,
- 2) połączyć układy realizujące funkcje logiczne, zgodnie z narysowanymi schematami i sprawdzić poprawność ich działania.

Wypożyczenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 3

Dokonaj analizy układu do zmiany kierunku wirowania silnika 3-fazowego, dla dwóch wariantów obwodów sterowania (rys. 4.4.5). Wypisz, jakie elementy realizują funkcję blokady elektrycznej.



Rys. 4.4.5. Układ do zmiany kierunku wirowania silnika 3-fazowego

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) wyszukać w materiałach dydaktycznych informacje o zmianie kierunku wirowania silnika 3-fazowego,
- 2) wyszukać w literaturze znaczenie pojęcia blokady elektrycznej,
- 3) opisać działanie układu z uwzględnieniem obwodu prądowego i dwóch wariantów obwodu sterowania,
- 4) zapisać, na podstawie schematów obwodów sterowania, elementy realizujące funkcję blokady elektrycznej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 4

Zmodyfikuj układ przedstawiony na rysunku 4.4.2 tak, aby umożliwić załączenie i wyłączenie silnika z 3 miejsc.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) przeanalizować obwód prądowy i sterowania układu do załączenia i wyłączenia silnika z dwóch miejsc,
- 2) narysować obwód prądowy i sterowania dla zmodyfikowanego układu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

Ćwiczenie 5*

Narysuj układ sterowania rozruchem trójfazowego silnika pierścieniowego z włączonym dwustopniowym rozrusznikiem rezystancyjnym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie powinienś:

- 1) wyszukać w literaturze sposoby rozruchu trójfazowego silnika pierścieniowego,
- 2) zapisać sposoby rozruchu silników pierścieniowych,
- 3) przeanalizować działanie układu sterowania na podstawie zanotowanego opisu,
- 4) naszkicować odpowiednio: obwód prądowy i obwód sterowania, zgodnie z opisem,
- 5) narysować zaprojektowany układ korzystając z programu do komputerowego wspomagania projektowania,
- 6) wydrukować zaprojektowany układ sterowania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- literatura.

4.4.4. Sprawdzian postępów

	Tak	Nie
Czy potrafisz:		
1) stosować zasady rysowania schematów elektrycznych?	☐	☐
2) przeanalizować działanie układów sterowania silnikami?	☐	☐
3) zaprojektować i narysować schemat elektryczny układu sterowania?	☐	☐
4) posłużyć się technologią informatyczną do projektowania układów sterowania?	☐	☐

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

INSTRUKCJA DLA UCZNIA

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem pytań testowych.
4. Test zawiera 15 pytań. Do każdego pytania dołączone są 4 odpowiedzi, z których tylko jedna jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, wstawiając w odpowiedniej rubryce znak X.

Przykład: jeśli dla pytania 1 jest poprawna odpowiedź a, wstaw znak X na przecięciu wiersza 1 i kolumny a.

1	☒	b	c	d	
---	-------------------------------------	---	---	---	--

W przypadku pomyłki, błędą odpowiedź zaznacz kółkiem, a następnie ponownie zakreśl odpowiedź prawidłową.

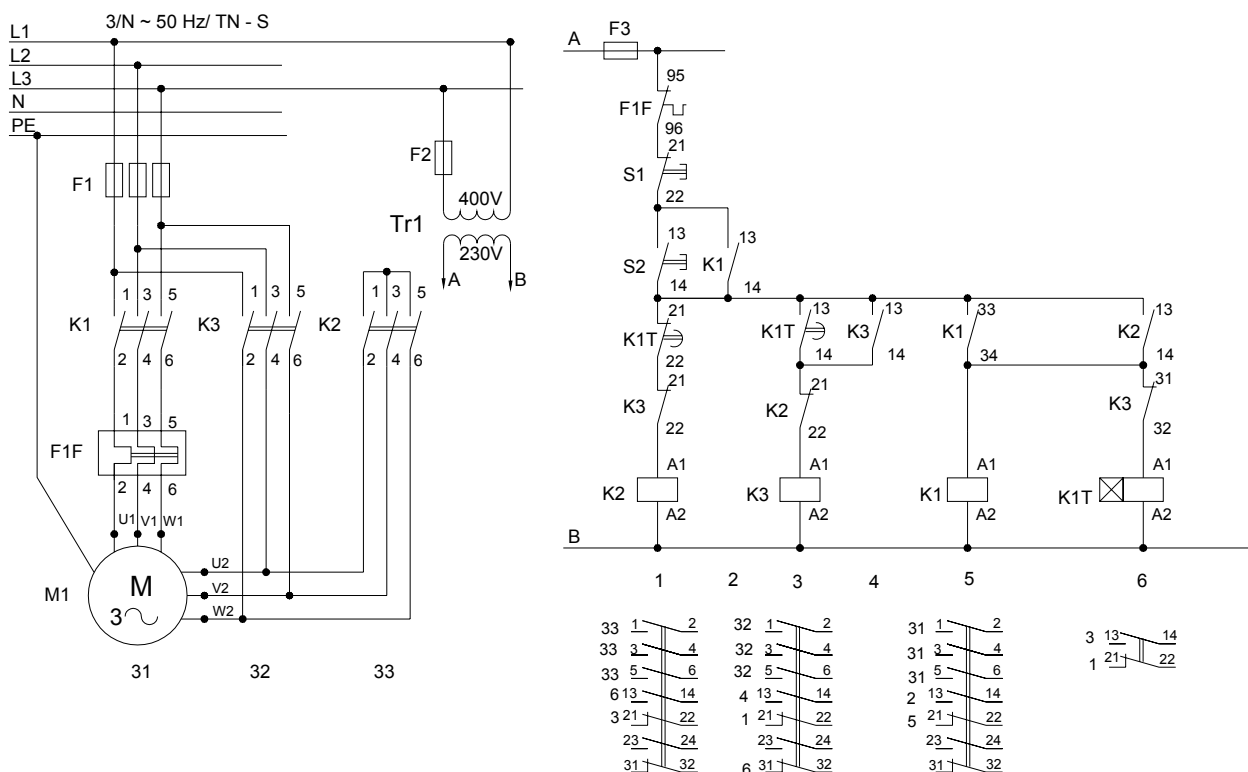
Przykład: prawidłowa odpowiedź jest 1c, zakreślasz kółkiem poprzednio zaznaczoną i wstawiasz ponownie znak X.

1	☒	b	☒	d	
---	-------------------------------------	---	-------------------------------------	---	--

6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
 7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż rozwiązanie zadania na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
 8. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
- Powodzenia!

Zestaw pytań testowych

Pytania 1 – 6 dotyczą poniższego układu przełącznika gwiazda-trójkąt, służącego do rozruchu silnika indukcyjnego klatkowego.



- Symbol graficzny oznacza cewkę przekaźnika:
 - polaryzowanego,
 - termicznego,
 - czasowego,
 - nadprądowego.
- Jaki wyzwalacz posiada łącznik, którego symbole graficzne i uproszczony i szczegółowy przedstawiono obok?
 - nadprądowy,
 - wzrostowy,
 - podprądowy,
 - termiczny.
- Który symbol graficzny oznacza łącznik przyciskowy o sile zwrotnej?

a)

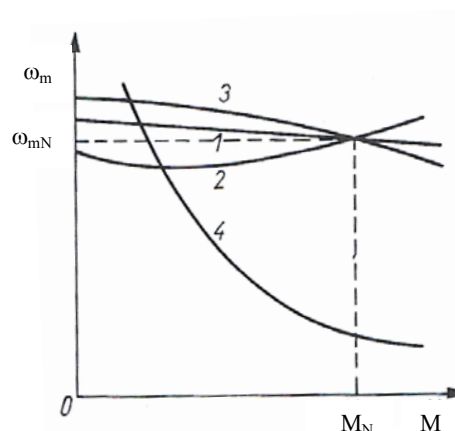
b)

c)

d)

- Styki główny stycznika K2 znajdują się w gałęzi oznaczonej numerem:
 - 1,
 - 3,
 - 32,
 - 33.
- Do zabezpieczenia silnika przed przeciążeniem zastosowano:
 - bezpiecznik topikowy,
 - przełącznik czasowy,
 - przełącznik termiczny,
 - wyłącznik silnikowy.

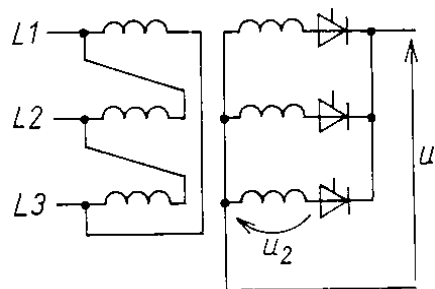
6. Do zabezpieczenia silnika przed zwarcie zastosowano:
 - a) bezpiecznik topikowy,
 - b) wyłącznik instalacyjny,
 - c) wyłącznik samoczynny,
 - d) wyłącznik różnicowoprądowy.
7. Zjawisko gaszenia łuku **nie występuje** w:
 - a) bezpiecznikach,
 - b) odłącznikach,
 - c) rozłącznikach,
 - d) wyłącznikach.
8. Rozruchu silnika klatkowego **nie przeprowadzimy** za pomocą:
 - a) autotransformatora,
 - b) przełącznika gwiazda – trójkąt,
 - c) przeciwwłączenia,
 - d) włączenia rezystancji.
9. Rysunek przedstawia charakterystyki mechaniczne $\omega_m = f(M)$ czterech silników elektrycznych. Silnikowi szeregowemu prądu stałego odpowiada charakterystyka oznaczona numerem:
 - a) 1,
 - b) 2,
 - c) 3,
 - d) 4.



Pytania 10 – 13 dotyczą danych, zawartych na tabliczce znamionowej silnika elektrycznego: Sg 112 M-2, IP 54, 380 V, Δ, 8,2 A, 4,0 kW, cosφ 0,87, 2915 obr/min, S1, 40°C, 38 kg, PN-88/E-06701.

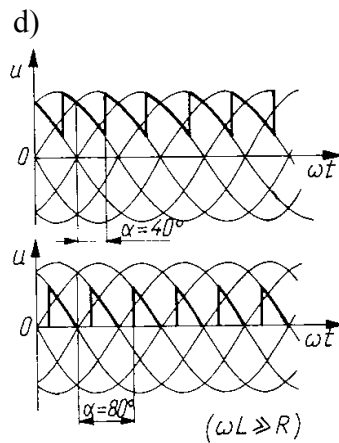
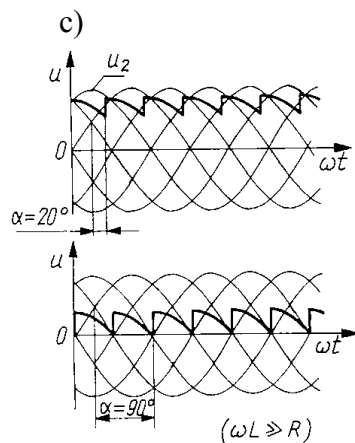
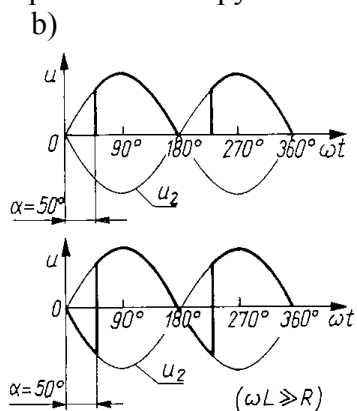
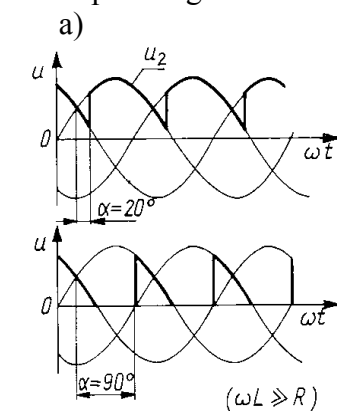
10. Ile par biegunów posiada dany silnik elektryczny?
 - a) 2,
 - b) 4,
 - c) 6,
 - d) 12.
11. Znamionowy moment obrotowy silnika wynosi:
 - a) 29,15 N·m,
 - b) 26,20 N·m,
 - c) 13,10 N·m,
 - d) 6,65 N·m.
12. S1, umieszczone na tabliczce znamionowej, oznacza pracę:
 - a) długotrwałą,
 - b) dorywczą,
 - c) przerywaną,
 - d) ciągłą.
13. Sprawność silnika elektrycznego wynosi:
 - a) 85%,
 - b) 88%,
 - c) 92%,
 - d) 95%.

14. Na rysunku przedstawiono prostownik trójfazowy:



- a) sterowany,
- b) mostkowy sterowany,
- c) półsterowany,
- d) mostkowy półsterowany.

15. Które przebiegi czasowe otrzymamy w układzie prostownika z pytania 14?



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Projektowanie układów elektrycznych urządzeń i systemów mechatronicznych

Zakreśl poprawną odpowiedź.

<i>Nr zadania</i>	<i>Odpowiedź</i>				<i>Punkty</i>
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
Razem:					

6. LITERATURA

1. Bartodziej G., Kałuża E.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 1974
2. Chochowski A.: Badanie elektrycznych i elektronicznych układów w pojazdach. WSiP, Warszawa 1998
3. Chochowski A.: Elektrotechnika z automatyką. Ćwiczenia. WSiP, Warszawa 1996
4. Dąbrowski M.: Konstrukcja maszyn elektrycznych. WNT, Warszawa 1977
5. Fabijański P., Pytlak A., Świątek H.: Pracownia układów energoelektronicznych. WSiP, Warszawa 2000
6. Gawrysiak M.: Mechatronika i projektowanie mechatroniczne. Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 1997
7. Goźlińska E.: Maszyny elektryczne. WSiP, Warszawa 1995
8. Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. Ćwiczenia. WSiP, Warszawa 1996
9. Gruss S.: Poradnik elektryka i automatyka. Wydawnictwo ALFA-WERO, Warszawa 1996
10. Henig T.: Urządzenia elektryczne dla elektroenergetyków. PWSZo, Warszawa 1973
11. Hörnemann E., Hübscher H., Klaue J., Schierack K., Stolzenburg R.: Elektrotechnika. Instalacje elektryczne i elektronika przemysłowa. WSiP, Warszawa 1998
12. Januszewski St., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Urządzenia energoelektroniczne. WSiP, Warszawa 1995
13. Kojtych A., Szawłowski M., Szymczyk W.: Pomiarów wielkości fizycznych. WSiP, Warszawa 1998
14. Mały poradnik mechanika. Praca zbiorowa. WNT, Warszawa 1985
15. Materiały szkoleniowe. Utrzymanie ruchu i konserwacja w technice sterowania. Pneumatyczne i elektropneumatyczne układy sterowania. Praca zbiorowa. FESTO DIDACTIC, Warszawa 1999
16. Müller W., Hörnemann E., Hübscher H., Jagla D., Larisch J., Pauly V.: Elektrotechnika. Zbiór zadań z energoelektroniki. WSiP, Warszawa 1998
17. Musiał E.: Zagrożenia pochodzące od urządzeń elektrycznych. WSiP, Warszawa 1992
18. Nowicki J.: Podstawy elektrotechniki i elektroniki dla zasadniczych szkół nieelektrycznych. WSiP, Warszawa 1999
19. Plamitzer A.: Maszyny elektryczne. WNT, Warszawa 1982
20. Pokutycki J.: Elementy automatyki elektryczne i elektroniczne. PWSZ, Warszawa 1970
21. Poradnik elektryka. Praca zbiorowa. WSiP, Warszawa 1995
22. Poradnik inżyniera elektryka. Praca zbiorowa. WNT, Warszawa t.1 1996, t. 3 2005
23. Schmid D., Baumann A., Kaufmann H., Paetzold H., Zippel B.: Mechatronika. REA, Warszawa 2002
24. Sidorowicz J.: Napęd elektryczny i jego sterowanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1994
25. Stein Z.: Maszyny i napęd elektryczny. WSiP, Warszawa 1989
26. Woźniak J.: Pracownia elektryczna. Pomiarów elektryczne. MCNEMT, Radom 1992
27. PN-87/E-01006 Maszyny elektryczne. Elementy automatyki. Terminologia
28. PN-88/E-01104 Oznaczenia wielkości i jednostek miar używanych w elektryce. Maszyny elektryczne wirujące
29. PN-89/E-05012 Urządzenia elektroenergetyczne. Dobór silników elektrycznych oraz ich instalowanie. Ogólne wymagania
30. PN-91/E-06700 Maszyny elektryczne wirujące. Terminologia
31. PN-92/E-06711.01 Maszyny elektryczne wirujące. Wbudowane zabezpieczenia cieplne. Przepisy zabezpieczania maszyn elektrycznych wirujących

32. PN-93/E-06711.02 Maszyny elektryczne wirujące. Wbudowane zabezpieczenia cieplne. Czujniki temperatury i jednostki sterujące stosowane w układach zabezpieczenia cieplnego
33. PN-E-06830:1996 Maszyny elektryczne wirujące. Maszyny do sterowania. Ogólne wymagania i badania
34. PN-EN 60034-1:2005 (U) Maszyny elektryczne wirujące. Część 1: Dane znamionowe i parametry
35. PN-EN 60034-5:2004 Maszyny elektryczne wirujące. Część 5: Stopnie ochrony zapewniane przez rozwiązania konstrukcyjne maszyn elektrycznych wirujących (kod IP). Klasyfikacja
36. PN-EN 60034-8:2003 (U) Maszyny elektryczne wirujące. Część 8: Oznaczanie wyprowadzeń i kierunek wirowania maszyn wirujących
37. PN-EN 60617-2:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 2: Elementy symboli, symbole rozróżniające i inne symbole ogólnego zastosowania
38. PN-EN 60617-3:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 3: Przewody i osprzęt łączeniowy
39. PN-EN 60617-4:2003 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 4: Podstawowe podzespoły bierne
40. PN-EN 60617-5:2004 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 5: Przyrządy półprzewodnikowe i lampy elektronowe
41. PN-EN 60617-7:2004 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 7: Aparatura łączeniowa, sterownicza i zabezpieczeniowa
42. PN-EN 60617-8:2004 Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 8: Przyrządy pomiarowe, lampy i urządzenia sygnalizacyjne
43. PN-EN 60617-9:2002 (U) Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 9: Łączniki i urządzenia peryferyjne
44. PN-EN 60617-12:2002 (U) Symbole graficzne stosowane w schematach. Część 12: Elementy logiczne binarne
45. PN-EN 60617-13:1998 Symbole graficzne stosowane w schematach. Elementy analogowe
46. Katalogi łączników, silników elektrycznych, elementów półprzewodnikowych różnych firm