

REFORMA 2012

Montaż elementów i podzespołów elektrycznych i elektronicznych

DO NOWEJ PODSTAWY PROGRAMOWEJ

E.3.3

Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK MECHATRONIK
- MONTER MECHATRONIK

WSiP

Branża elektroniczna, informatyczna i elektryczna

2016 Zapowiedź

Nowy podręcznik

WSiP

Oferta WSiP dla branży elektronicznej, informatycznej i elektrycznej

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne polecają publikacje do nauki zawodów: **technik elektryk**, **elektryk**, **elektromechanik**, **technik elektronik**, **monter elektronik**, **technik mechatronik**, **monter mechatronik**, **technik informatyk** i **technik teleinformatyk** przygotowane zgodnie z **NOWĄ PODSTAWĄ PROGRAMOWĄ**.

Podręczniki



Montaż elementów, podzespołów i zespołów mechanicznych **(E.3.1)**



Montaż elementów i podzespołów pneumatycznych i hydraulicznych **(E.3.2)**



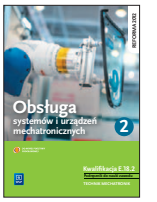
Montaż elementów i podzespołów elektrycznych i elektronicznych **(E.3.3)**



Rozruch systemów i urządzeń mechatronicznych **(E.18.1)**



Obsługa systemów i urządzeń mechatronicznych. Część 1 **(E.18.2)**



Obsługa systemów i urządzeń mechatronicznych. Część 2 **(E.18.2)**



Montaż maszyn i urządzeń elektrycznych **(E.7.1)**



Konserwacja maszyn i urządzeń elektrycznych **(E.7.2)**



Instalowanie urządzeń elektronicznych **(E.6.1)**

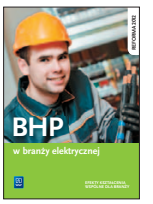


Konserwacja instalacji urządzeń elektronicznych **(E.6.2)**

PDG / BHP



PDG w branży elektronicznej, elektrycznej i informatycznej



BHP w branży elektrycznej

Publikacje do praktycznej nauki zawodu

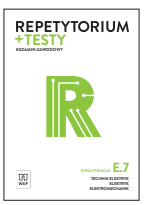


Pracownia maszyn i urządzeń elektrycznych **(E.7)**

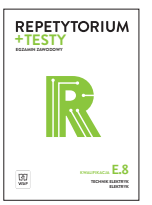


Pracownia aplikacji internetowych **(E.14)**

Repetytoria i testy egzaminacyjne



Technik elektryk, elektryk, elektromechanik **(E.7)**



Technik elektryk, elektryk **(E.8)**

Te i inne publikacje do nauki zawodów: technik informatyk i technik teleinformatyk, technik elektryk i elektryk (kwalifikacje E.12, E.13, E.14, E.8, E.24), można obejrzeć i kupić pod adresem **sklep.wsip.pl**

WSiP WYDAWNICTWA SZKOLNE i PEDAGOGICZNE | wsip.pl | infolinia: 801 220 555

Szanowni Państwo,

z przyjemnością przedstawiamy Państwu fragmenty **nowego podręcznika, spełniającego wszystkie wymagania nowej podstawy programowej** kształcenia zawodowego. Jest to publikacja gwarantująca skuteczne przygotowanie do egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie, napisana językiem zrozumiałym dla ucznia i wzbogacona o atrakcyjny materiał ilustracyjny. Prawdziwa nowość, warta Państwa uwagi.

1 września 2012 roku Ministerstwo Edukacji Narodowej rozpoczęło reformę szkolnictwa zawodowego, która wprowadziła nową klasyfikację zawodów oraz ich podział na kwalifikacje. Dla wszystkich wyodrębnionych zawodów przygotowano nowe podstawy programowe. Zmieniła się także formuła egzaminu zawodowego – wprowadzono egzamin potwierdzający kwalifikacje w zawodzie. Uczniowie, kończący naukę w zasadniczej szkole zawodowej i technikum oraz słuchacze szkół policealnych, po zdaniu egzaminów pisemnego i praktycznego otrzymują dyplom potwierdzający kwalifikacje w zawodzie.

Aby umożliwić Państwu zapoznanie się z naszym podręcznikiem, prezentujemy wykaz zawartych w nim treści oraz fragmenty wybranych rozdziałów.

Wierzymy, że przygotowana przez nas oferta umożliwi Państwu efektywną pracę oraz pomoże w skutecznym przygotowaniu uczniów i słuchaczy do egzaminu – zarówno w części pisemnej, jak i praktycznej.

Zapraszamy do korzystania z naszego podręcznika.

Warto uczyć z nami!

Artur Dzigański
Kierownik Zespołu Kształcenia Zawodowego
Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna

WSiP – skuteczne przygotowanie do egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie

Publikacje:

- zgodne z **nową podstawą programową**
- **z aprobatą MEN**
- opracowane w podziale na **kwalifikacje**
- napisane przez **specjalistów** i **nauczycieli praktyków**
- z dużą liczbą **ćwiczeń**, **przykładów praktycznych**, **tabel** i **schematów**
- z wyróżnieniem **najważniejszych treści**, rysunkami i ilustracjami ułatwiającymi zapamiętywanie



WSiP

REFORMA 2012

Montaż elementów i podzespołów elektrycznych i elektronicznych

Michał Tokarz

E.3.3

Podręcznik do nauki zawodu

- TECHNIK MECHATRONIK
- MONTER MECHATRONIK

WSiP

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania i wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców:

Typ szkoły: **technikum**, **zasadnicza szkoła zawodowa**
Zawód: **technik mechatronik**, **monter mechatronik**
Kwalifikacja: **E.3. Montaż urządzeń i systemów mechatronicznych**
Część kwalifikacji: **3. Montaż elementów i podzespołów elektrycznych i elektronicznych**

Rok dopuszczenia: 2016

Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne
Warszawa 2016

Wydanie I (rzut I)

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Zbigniew Dziedzic** (redaktor koordynator)
Konsultacja: **mgr inż. Andrzej Rodak**
Redakcja językowa: **Lucyna Lewandowska**
Projekt okładki: **Dominik Krajewski**
Fotoedycja: **Agata Bażyńska**
Skład i łamanie: **Ledor**

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna
00-807 Warszawa, Aleje Jerozolimskie 96
Tel.: 22 576 25 00
Infolinia: 801 220 555
www.wsip.pl

Publikacja, którą nabyłaś / nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegała / przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

prawolubni

Szanujmy cudzą własność i prawo.
Więcej na www.legalnakultura.pl
Polska Izba Książki

1. Zasady BHP i ochrony przeciwporażeniowej

1.1 Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem elektrycznym 6
1.2 Środki ochrony przeciwporażeniowej oraz użytkowanie urządzeń elektrycznych 10

2. Aparatura łączeniowa, sterownicza i zabezpieczająca

2.1 Styczniki i przekaźniki 18
2.2 Elementy operatorskie 27
2.3 Zabezpieczenia układów sterowania elektrycznego 32
2.4 Podstawowe układy sterowania stycznikowo-przekaźnikowego 39
2.5 Zasady rysowania schematów układów elektrycznych 41

3. Maszyny elektryczne

3.1 Transformatory 46
3.2 Maszyny prądu stałego 55
3.3 Maszyny indukcyjne 64
3.4 Maszyny synchroniczne 76
3.5 Maszyny małej mocy 81

4. Elementy elektroniczne i cyfrowe

4.1 Elementy elektroniczne 88
4.2 Wzmacniacz operacyjny i układy pracy wzmacniacza 96
4.3 Wybrane układy elektroniczne 101
4.4 Bramki logiczne 107
4.5 Wybrane układy kombinacyjne i sekwencyjne 111
4.6 Sensory w mechatronice 119
4.7 Przetworniki wielkości nieelektrycznych na elektryczne 125
4.8 Sterowniki z programowalną pamięcią PLC 135

5. Montaż elementów i podzespołów elektrycznych oraz elektronicznych

5.1 Schematy układów elektrycznych i elektronicznych 140
5.2 Montaż urządzeń elektrycznych 142
5.3 Montaż układów elektronicznych 149
5.4 Pomiary w układach elektrycznych i elektronicznych 153

1. Zasady BHP i ochrony przeciwporażeniowej

- **Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem elektrycznym**
- **Środki ochrony przeciwporażeniowej oraz użytkowanie urządzeń elektrycznych**

1.1 Pierwsza pomoc przy porażeniu prądem elektrycznym

ZAGADNIENIA

- **Co oznacza symbol CE na maszynach i urządzeniach?**
- **Jakie czynności należy wykonać przed przystąpieniem do prac przy urządzeniach wyłączonych spod napięcia?**
- **Kiedy można podjąć czynności pod napięciem bez polecenia?**
- **Od jakich czynników zależą skutki porażenia prądem elektrycznym?**
- **Jakie czynności należy przede wszystkim wykonać przy udzielaniu pierwszej pomocy?**

Użytkowanie urządzeń elektrycznych związane jest z występowaniem różnego rodzaju zagrożeń mogących doprowadzić do niebezpiecznych sytuacji. Zgodnie z dyrektywą Unii Europejskiej urządzenie dopuszczone do użytkowania powinno być opatrzone przez producenta **symbolem CE** (*Conformité Européenne*). Symbol ten oznacza, że zostało ono sprawdzone przez producenta zgodnie z zasadami bezpiecznego użytkowania, ochrony zdrowia i ochrony środowiska, a ewentualne zagrożenia zostały wykryte i wyeliminowane.

Niebezpieczne sytuacje mogą występować w różnych fazach eksploatacji maszyn i urządzeń, takich jak transport, montaż, uruchamianie, normalna praca, konserwacja, demontaż. Mają one różny charakter i można wśród nich wyodrębnić zagrożenia mechaniczne, elektryczne, termiczne, powodowane hałasem, drganiami czy promieniowaniem elektromagnetycznym oraz chemiczne.

W urządzeniach elektrycznych dopuszczonych do użytkowania muszą być wyeliminowane zagrożenia porażeniem prądem elektrycznym. Bardzo ważne jest przestrzeganie przez obsługę zasad BHP, norm, przepisów prawa oraz instrukcji stanowiskowych. Każde urządzenie elektryczne powinno być wyposażone w odpowiednie zabezpieczenia (np. wyłączniki różnicowoprądowe, połączenia wyrównawcze) zapewniające bezpieczeństwo pracy. **Przepisy dotyczące zasad bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych** ujęte są w *Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z 28 marca 2013 roku* (DzU z 23 kwietnia 2013 roku, poz. 492). Zgodnie z §27 ust. 1. tego rozporządzenia przed przystąpieniem do wykonywania prac przy urządzeniach i instalacjach elektrycznych odłączonych od napięcia należy:

- zastosować odpowiednie zabezpieczenie przed przypadkowym załączeniem napięcia;
- oznaczyć miejsce wyłączenia;
- sprawdzić, czy na odłączonych urządzeniach i instalacjach elektrycznych nie występuje napięcie;
- uziemić wyłączone urządzenia i instalacje elektryczne;
- oznaczyć strefę pracy znakami lub tablicami bezpieczeństwa.

Większość prac związanych z eksploatacją urządzeń elektrycznych powinna być wykonywana na podstawie polecenia pisemnego lub ustnego. Oczywiście **czynności związane z ratowaniem zdrowia lub życia ludzkiego należy wykonywać bez polecenia**.

Zagrożenia elektryczne można podzielić na zagrożenia bezpośrednie, związane z przepływem prądu elektrycznego (bezpośrednie dotknięcie przewodu pod napięciem), oraz zagrożenia pośrednie, związane z uszkodzeniem urządzeń czy elementów układu sterowania. Skutki przepływu prądu elektrycznego przez ciało człowieka zależą od kilku czynników:

- rodzaju prądu – prąd przemienny o małej częstotliwości (15–100 Hz), prąd przemienny o dużej częstotliwości, krótkotrwałe impulsy prądowe, prąd stały;
- warunków środowiskowych i wartości napięcia (tabela 1.1);
- natężenia prądu rażeniowego (tabela 1.2);
- drogi przepływu prądu przez ciało człowieka (najbardziej niebezpieczna droga to przepływ prądu przez serce);
- stanu psychofizycznego porażonego – zawartości alkoholu we krwi, rodzaju zażywanych lekarstw, chorób;
- czasu przepływu prądu rażenia;
- temperatury i wilgotności skóry;
- powierzchni styku z przewodnikiem;
- siły docisku przewodnika do naskórka.

Należy również pamiętać o tym, że wszystkie czynności łączeniowe i naprawy urządzeń elektrycznych powinny być wykonywane za pomocą odpowiednich narzędzi oraz zgodnie z ich przeznaczeniem i parametrami. Informacje na ten temat podaje norma PN-EN 60900 określająca wymagania, konstrukcję i bezpieczeństwo użytkowania narzędzi ręcznych izolowanych i izolacyjnych wykorzystywanych podczas prac pod napięciem lub w pobliżu części czynnych przy napięciach znamionowych do 1000 V napięcia przemiennego i 1500 V napięcia stałego.

Tabela 1.1. Napięcia dotykowe dopuszczalne długotrwale

	Napięcie przemienne o częstotliwości 50/60 Hz	Napięcie stałe
warunki normalne	50 V	120 V
warunki podwyższonego zagrożenia (np. zwiększona wilgotność)	25 V	60 V
warunki dużego zagrożenia (np. duża wilgotność)	12 V	30 V

Tabela 1.2. Oddziaływanie prądu na organizmy żywe

Prąd przemienny	
Natężenie prądu [mA]	**Objawy przy przepływie prądu o częstotliwości 50/60 Hz**
0,5	brak widocznej reakcji
1–3	początek odczuwania bezbolesnego
3–6	początek skurczów mięśni i odczuwania bólu

Prąd przemienny	
Natężenie prądu [mA]	**Objawy przy przepływie prądu o częstotliwości 50/60 Hz**
10–15	silne skurcze mięśni, trudności z oderwaniem rąk od przewodu, silne bóle w palcach, ramionach i plecach
15–25	bardzo silne skurcze i bóle, samodzielne oderwanie się od przewodu jest niemożliwe, trudności z oddychaniem
30	początek paraliżu dróg oddechowych, niebezpieczeństwo utraty przytomności
75	początek migotania komór sercowych
250	migotanie komór sercowych w czasie porażenia powyżej 0,4 s
4000	paraliż i zatrzymanie akcji serca
powyżej 5000	zwęglenie się tkanek
Prąd stały	
Natężenie prądu [mA]	**Objawy przy przepływie prądu stałego**
5–8	początek odczuwania przepływu prądu
10–15	odczuwanie ciepła
20–25	skurcze mięśni, znaczne odczuwanie ciepła
1200	zgon

Po porażeniu prądem elektrycznym w pierwszej kolejności trzeba zapewnić bezpieczeństwo poszkodowanemu oraz wszystkim świadkom zdarzenia. Przede wszystkim należy pamiętać o wyłączeniu napięcia zasilania. Działania podejmowane w celu ratowania zdrowia i życia poszkodowanego są uzależnione od stopnia jego obrażeń (tabela 1.3).

Tabela 1.3. Podstawowe zasady udzielania pierwszej pomocy

Reakcja poszkodowanego	Podejmowane czynności
Poszkodowany reaguje na nasze pytania	Należy: • wezwać pomoc; • pozostawić poszkodowanego w pozycji, w jakiej go zastano; • zapewnić poszkodowanemu bezpieczeństwo.
Poszkodowany nie reaguje na nasze pytania. Stwierdzono prawidłowy oddech poszkodowanego	Należy: • wezwać pomoc; • udrożnić drogi oddechowe poszkodowanego; • ułożyć poszkodowanego w pozycji bezpiecznej.

Reakcja poszkodowanego	Podejmowane czynności
Stwierdzono nieprawidłowy oddech lub brak oddechu u poszkodowanego	Należy: • wezwać pomoc; • udrożnić drogi oddechowe poszkodowanego; • rozpocząć uciskanie klatki piersiowej poszkodowanego z częstotliwością 100/min.
Stwierdzono brak oddechu i brak akcji serca u poszkodowanego	Należy: • wezwać pomoc; • udrożnić drogi oddechowe poszkodowanego; • rozpocząć uciskanie klatki piersiowej poszkodowanego ze sztucznym oddychaniem w stosunku 30/2; • sprawdzać oddech poszkodowanego po każdym wykonanym cyklu resuscytacyjnym.

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Z jakimi rodzajami zagrożeń można się spotkać podczas użytkowania urządzeń elektrycznych?
2. Jakie działania powinno się podjąć przed przystąpieniem do prac przy odłączonych urządzeniach elektrycznych?
3. Od jakich czynników zależą skutki porażenia prądem elektrycznym?
4. W jaki sposób udziela się pierwszej pomocy osobie porażonej prądem elektrycznym?

SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Przećwicz na zajęciach zasady udzielania pierwszej pomocy. Skorzystaj z fantomu reanimacyjnego.
2. Jakie przyrządy medyczne służą do udzielania pierwszej pomocy w miejscach publicznych i prywatnych mieszkaniach?
3. Znajdź w dostępnych źródłach informację, w jaki sposób częstotliwość napięcia wpływa na skutki porażenia prądem elektrycznym.

Na każdym styczniku powinna znajdować się tabliczka znamionowa z jego parametrami znamionowymi. Do najważniejszych parametrów znamionowych styczników należą:

- napięcie znamionowe izolacji obwodu głównego – wartość skuteczna napięcia międzyprzewodowego;
- napięcie znamionowe izolacji obwodu pomocniczego;
- prąd znamionowy ciągły styków głównych;
- prąd znamionowy ciągły styków pomocniczych;
- zdolność wyłączania (prąd łączeniowy) – graniczna wartość, którą stycznik może przerwać określoną liczbę razy bez uszkodzenia (zależy to od sposobu gaszenia łuku elektrycznego);
- liczba i rodzaj styków głównych;
- liczba i rodzaj styków pomocniczych;
- kategoria użytkowania;
- moc znamionowa obciążenia – na stycznikach są podawane wartości mocy w zależności od znamionowego napięcia zasilania, np. 230 V, 400 V, 690 V;
- napięcie i rodzaj zasilania cewki (najczęściej jest to 24 VDC i 230 VAC);
- rezystancja cewki.

Ze względu na wykorzystanie tych urządzeń do zasilania określonych obciążeń wyodrębniono tzw. kategorie użytkowania styczników. Zgodnie z normą PN-EN 60947, w tabeli 2.1 podano niektóre z nich.

Tabela 2.1. Kategorie użytkowania styczników

Kategoria	Zastosowanie
AC-1	obciążenia nieindukcyjne lub o małej indukcyjności, piece oporowe
AC-2	silniki pierścieniowe: rozruch, wyłączanie
AC-3	silniki klatkowe: rozruch, wyłączanie podczas biegu
AC-4	silniki klatkowe: rozruch, hamowanie przeciwprądem, nawrót, impulsowanie
AC-5A	włączanie lamp wyładowczych
AC-5B	włączanie lamp żarowych
AC-6A	włączanie transformatorów
AC-6B	włączanie baterii kondensatorów
AC-7A	obciążenia o małej indukcyjności w gospodarstwach domowych i w innych tego typu zastosowaniach
AC-7B	obciążenia silnikowe w urządzeniach domowego użytku
AC-8A	sterowanie hermetycznymi silnikami chłodziarek sprężarkowych o ręcznym kasowaniu wyzwalaczy nadprądowych
AC-8B	sterowanie hermetycznymi silnikami chłodziarek sprężarkowych o samoczynnym kasowaniu wyzwalaczy nadprądowych
AC-53a	sterowanie silnikami klatkowymi ze stycznikami półprzewodnikowymi
DC-1	obciążenia nieindukcyjne lub o małej indukcyjności, piece oporowe

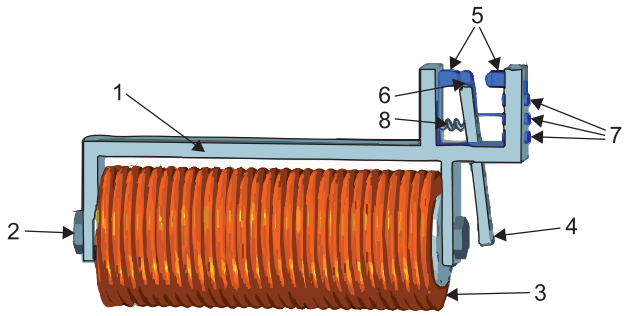
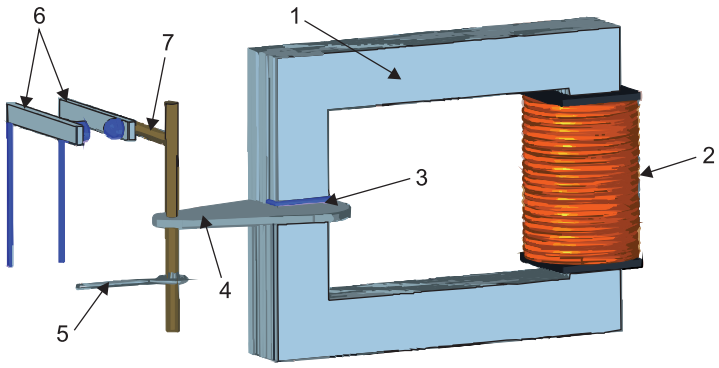
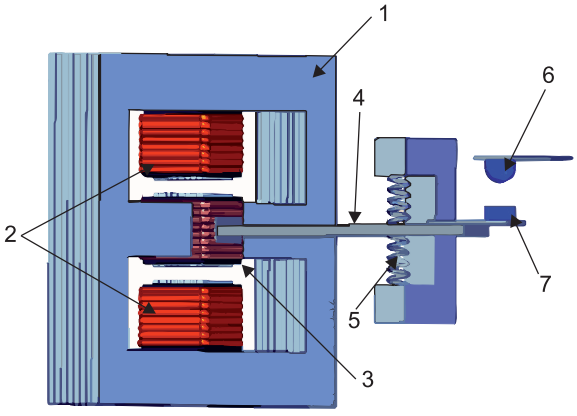
Kategoria	Zastosowanie
DC-3	silniki bocznikowe: rozruch, hamowanie przeciwprądem, nawrót, impulsowanie, hamowanie oporowe
DC-5	silniki szeregowe: rozruch, hamowanie przeciwprądem, nawrót, impulsowanie, hamowanie oporowe

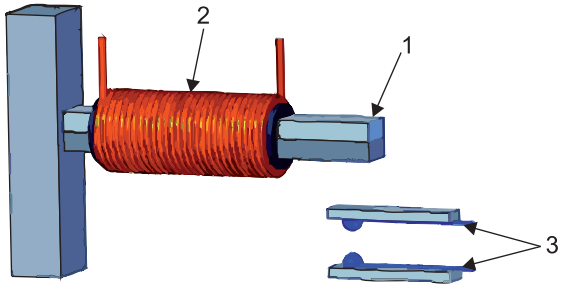
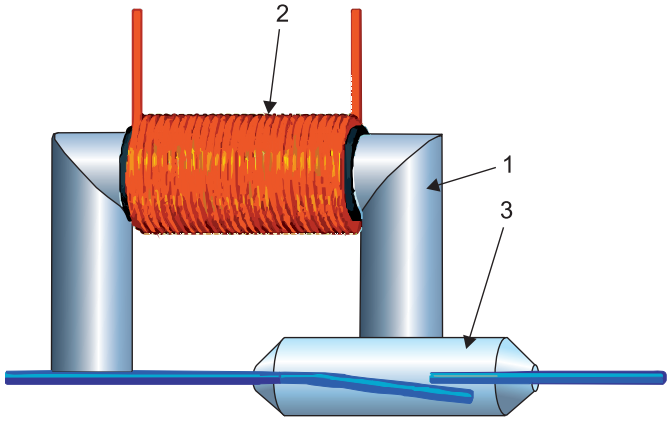
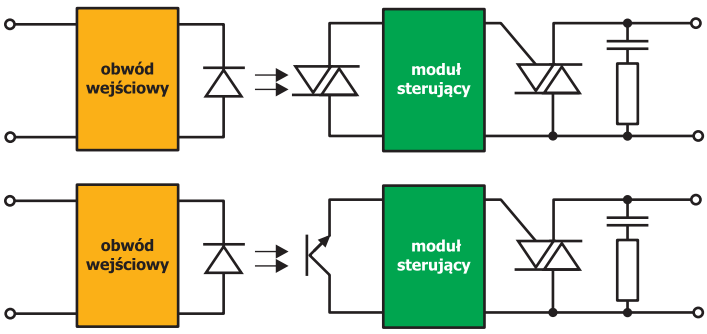
Przekaźniki

Jak już wspomniano, przekaźniki są wykorzystywane do wykonywania czynności łączeniowych w obwodach sterowania, więc nie są przystosowane do przewodzenia zbyt dużych prądów. Oznaczenia ich zacisków są często zróżnicowane i zależą od producenta, liczby zestyków oraz typu przekaźnika i pełnionych przez niego funkcji. Pod względem budowy wyróżnia się kilka rodzajów przekaźników.

1. **Przekaźnik elektromagnetyczny** jest zbudowany podobnie jak stycznik elektromagnetyczny. Po doprowadzeniu napięcia do cewki następuje wytworzenie pola elektromagnetycznego w rdzeniu i przyciągnięcie zwory ruchomej. Następuje wówczas zmiana położenia styków ruchomych. Po zaniku napięcia zwora ruchoma powraca do położenia w stanie beznapięciowym pod wpływem sprężyny zwrotnej. Zakres zastosowania przekaźników elektromagnetycznych określają jego parametry znamionowe, z których najważniejsze to: napięcie znamionowe cewki, rezystancja cewki, prąd znamionowy ciągły styków.
2. **Przekaźnik indukcyjny** ma uzwojenie nawinięte na pakietowanym rdzeniu. Uzwojenie to może być zasilane jedynie prądem przemiennym. Przepływ prądu przez cewkę powoduje wytworzenie w rdzeniu strumienia magnetycznego, który jest dzielony dzięki zastosowaniu dodatkowego zwoju. Strumień magnetyczny przenika przez aluminiową tarczę i indukuje w niej prądy wirowe. Wzajemne oddziaływanie pola magnetycznego i prądów wirowych powoduje obrót tarczy i przełączenie styków dzięki zamontowanej listwie. Umieszczony na rdzeniu dodatkowy zwój pozwala na obrót tarczy tylko w jednym kierunku. Wyłączenie napięcia zasilania cewki powoduje powrót tarczy do poprzedniego położenia pod wpływem sprężyny zwrotnej.
3. **Przekaźnik elektrodynamiczny** składa się z cewki stałej i umieszczonej poprzecznie cewki ruchomej. W wyniku doprowadzenia napięcia do tych cewek zostają wytworzone strumienie magnetyczne, których wzajemne oddziaływanie powoduje powstanie siły dynamicznej. Wartość tej siły zależna jest od iloczynu płynących przez cewki prądów. Oddziaływanie dynamiczne powoduje ruch cewki ruchomej i przełączenie styków dzięki listwie.
4. **Przekaźnik cieplny** wykorzystuje zjawisko rozszerzalności cieplnej metali. Element bimetalowy przekaźnika (wykonany z dwóch metali o różnych współczynnikach rozszerzalności cieplnej) pod wpływem nagrzewania wygina się w jedną stronę, powodując przełączenie styków.
5. **Przekaźnik kontraktonowy** działa pod wpływem przyłożonego z zewnątrz pola magnetycznego zamykającego jego styki. Są one umieszczone w szczelnej obudowie wypełnionej gazem obojętnym, co zapobiega pojawieniu się łuku elektrycznego.
6. **Przekaźnik półprzewodnikowy SSR** (ang. *Solid State Relay*) jest zbudowany wyłącznie z elementów elektronicznych. Galwaniczna separacja obwodu głównego od obwodu sterowania jest zapewniona przez zastosowanie sprzężenia optycznego (transoptor lub optotriak). Dużą zaletą przekaźników półprzewodnikowych jest brak elementów ruchomych, co zwiększa ich żywotność.

Tabela 2.2. Budowa przekaźników

Nazwa przekaźnika	Budowa przekaźnika
przekaźnik elektromagnetyczny	 1 – konstrukcja wsporcza, 2 – rdzeń, 3 – cewka, 4 – zwora, 5 – styki stałe, 6 – styk ruchomy, 7 – zaciski, 8 – sprężyna
przekaźnik indukcyjny	 1 – rdzeń, 2 – cewka, 3 – zwój zwarty, 4 – tarcza aluminiowa, 5 – sprężyna, 6 – styki, 7 – listwa
przekaźnik elektrodynamiczny	 1 – rdzeń, 2 – cewki stałe, 3 – cewka ruchoma, 4 – listwa ruchoma, 5 – sprężyna, 6 – styk stały, 7 – styk ruchomy

Nazwa przekaźnika	Budowa przekaźnika
przekaźnik cieplny	 1 – element bimetalowy, 2 – cewka nagrzewająca, 3 – styki
przekaźnik kontraktonowy	 1 – rdzeń, 2 – cewka, 3 – kontrakton
przekaźnik półprzewodnikowy	

2.3 Zabezpieczenia układów sterowania elektrycznego

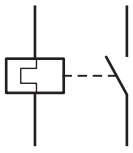
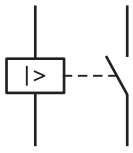
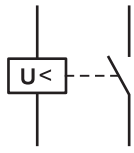
ZAGADNIENIA

- **Jakie rodzaje zabezpieczeń są stosowane w części elektrycznej urządzeń mechatronicznych?**
- **Od czego zależy dobór zabezpieczeń?**

W mechatronice do zachowania bezpieczeństwa użytkowania urządzeń stosuje się **zabezpieczenia obwodów elektrycznych**. Zabezpieczenia podzespołów urządzeń mechatronicznych są klasyfikowane ze względu na rodzaj występującego zagrożenia. Wyróżnia się następujące rodzaje zabezpieczeń:

- **zwarciowe** – zabezpieczają urządzenia przed pojawieniem się nadmiernego prądu na skutek zwarć w zasilaniu (prądem zmiennym lub stałym) urządzenia lub zwarć w samym urządzeniu (np. w uzwojeniach maszyn elektrycznych czy podzespołach urządzeń elektrycznych);
- **przeciążeniowe** – zabezpieczają urządzenia przed pojawieniem się prądu nieznacznie przekraczającego ich prąd znamionowy, co może być wynikiem przekroczenia parametrów znamionowych zasilania czy niekorzystnych warunków cieplnych (np. niedostatecznego chłodzenia);
- **zanikowe** – zabezpieczają urządzenia przed pojawieniem się niesymetrii, zaniku i nagłego powrotu napięcia zasilającego (jest to szczególnie ważne w przypadku silników indukcyjnych);
- **stromościowe** – zabezpieczają urządzenia przed pojawieniem się impulsów napięciowych i prądowych podczas wykonywania czynności łączeniowych w obwodach elektrycznych.

Tabela 2.8. Podstawowe symbole zabezpieczeń

Bezpiecznik topikowy	Przekaźnik cieplny	Przekaźnik nadprądowy	Przekaźnik podnapięciowy
			

Zabezpieczenia zwarciowe i przeciążeniowe

Jako zabezpieczenia zwarciowe i przeciążeniowe są stosowane bezpieczniki i wyłączniki nadprądowe. Do zabezpieczania obwodów prądu stałego, np. układów sterowania zasilanych napięciem 24 V DC, wykorzystuje się bezpieczniki topikowe. Należy przy tym

pamiętać, że nie można zabezpieczać bezpiecznikami topikowymi obwodu wzbudzenia silników obcowzbudnych prądu stałego, gdyż powodowałoby to silne odwzbudzenie maszyny i nagły wzrost prędkości obrotowej oraz indukowanie się dużego napięcia na uzwojeniu twornika prowadzące do uszkodzenia maszyny.

Bezpieczniki topikowe mają miejsca przeciążeniowe i zwarciowe. Miejsca przeciążeniowe powstają dzięki naniesieniu na element topikowy materiału o niższej temperaturze topnienia niż miedź (np. lutowie cynowo-ołowiowe), a miejsca zwarciowe tworzy się przez wykonanie w elemencie topikowym przewężeń lub otworów. Dobór bezpiecznika zależy od jego przeznaczenia (tabela 2.9) oraz wartości prądu znamionowego wkładki topikowej.

Tabela 2.9. Oznaczenia bezpieczników

<table>
<tr><th>Lp.</th><th>Oznaczenia bezpieczników</th></tr>
<tr><td>1.</td><td>pierwsza litera:
a – charakterystyka niepełnozakresowa; ochrona tylko przed skutkami zwarć
g – charakterystyka pełnozakresowa; ochrona przed skutkami zwarć i przeciążeń

druga litera:
L – do przewodów i kabli
M – do silników
R – do elementów energoelektronicznych
B – do urządzeń elektroenergetycznych górniczych
Tr – do transformatorów
G – ogólnego przeznaczenia

WTN – krajowa wkładka topikowa o charakterystyce zwłocznej
WT/F – krajowa wkładka topikowa o charakterystyce szybkiej

Zakresy wkładek (litera C oznacza wkładkę o zmniejszonych wymiarach):

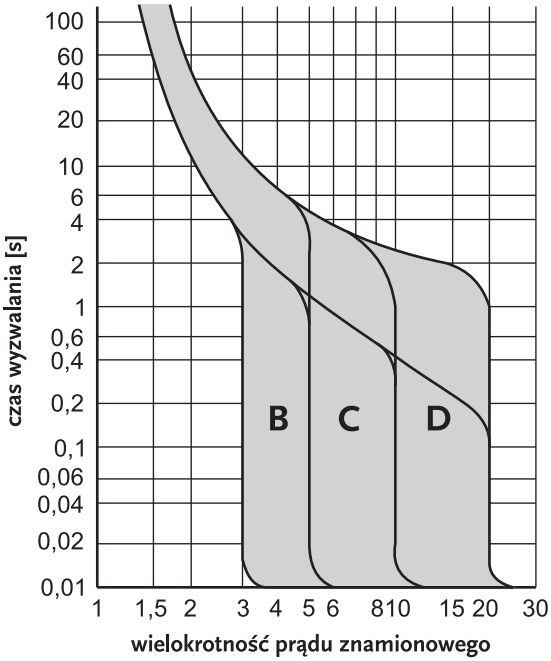
<table><tr><td>Wielkość wkładki</td><td>Prąd znamionowy</td></tr><tr><td>00/000</td><td>6–160 A</td></tr><tr><td>1/1C</td><td>6–250 A</td></tr><tr><td>2/2C</td><td>35–400 A</td></tr><tr><td>3/3C</td><td>100–630 A</td></tr></table>
Przykłady:
• WT 00/F 40 A – wkładka topikowa szybka o prądzie znamionowym 40 A
• WTN 00-160 A 500 V gG – wkładka topikowa nożowa, zwłoczna, ogólnego przeznaczenia, o prądzie znamionowym 160 A i napięciu znamionowym 500 V</td></tr>
<tr><td>2.</td><td>stare oznaczenia bezpieczników:
Bi Wts – wkładka topikowa o działaniu szybkim
Bi Wtz – wkładka topikowa o działaniu zwłocznym
Btp – wkładka topikowa o bardzo szybkim działaniu, przeznaczona do zabezpieczania diod i tyrystorów</td></tr>
</table>

Lp.	Oznaczenia bezpieczników
3.	oznaczenia kolorami:

Prąd znamionowy	Kolor
2	różowy
4	brązowy
6	zielony
10	czerwony
16	szary
20	niebieski
25	żółty
35	czarny
50	biały
63	miedziany
80	srebrny
100	czerwony
125	żółty
160	miedziany
200	niebieski

Instalacyjne wyłączniki nadprądowe (jednofazowe i trójfazowe) zapewniają ochronę przed przeciążeniami (wyzwalacz termobimetalowy) i zwarciami (wyzwalacz elektromagnetyczny). Zadziałanie wyzwalaczy przeciążeniowych odbywa się z pewną zwłoką czasową zależną od wartości prądu. W zależności od wartości prądów zadziałania wyzwalaczy zwarciowych wyłączniki mogą mieć różne charakterystyki czasowo-prądowe. Najważniejsze z nich to:

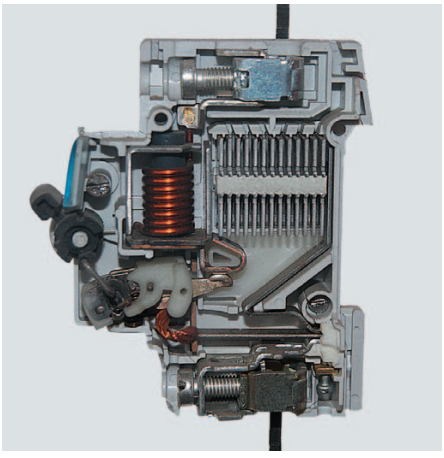
- charakterystyka typu B – do ochrony kabli i przewodów w instalacjach domowych (oświetlenie, obwody gniazd);
- charakterystyka typu C – do ochrony kabli i przewodów, urządzeń o dużych prądach rozruchowych (np. silniki);
- charakterystyka typu D – do ochrony kabli i przewodów, urządzeń o bardzo dużych prądach rozruchowych (np. transformatory spawalnicze, silniki o rozruchu ciężkim).



Rys. 2.12. Charakterystyki czasowo-prądowe wyłączników nadprądowych

PRZYKŁAD 2.5

Na rysunku przedstawiono przekrój wyłącznika nadprądowego. Wskaż następujące elementy: dźwignię napędową, zamek, styk stały i styk ruchomy, zaciski przyłączowe, wyzwalacz termobimetalowy (przeciążeniowy), obudowę, wyzwalacz elektromagnetyczny (zwarciowy), komorę gaszeniową.



Rys. 2.13. Budowa wyłącznika nadprądowego

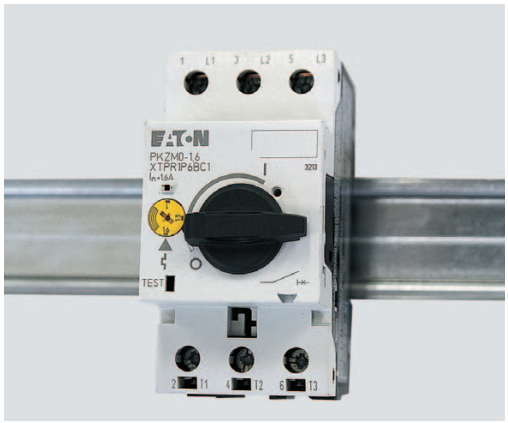
Przeciążenia silników wynikają z nadmiernego obciążenia mechanicznego, nadmiernego ciepła lub zbyt dużych napięć zasilających. Wyzwalacze termobimetalowe są umieszczane w wyłącznikach silnikowych lub dodatkowych elementach zabezpieczających, montowanych razem ze stycznikami. Prąd nastawy na zabezpieczeniu przeciążeniowym powinien spełniać warunek:

$$I_{wc} = (1{,}05 \div 1{,}1) \cdot I_{nM},$$

gdzie:
I_{wc} – prąd nastawy zabezpieczenia przeciążeniowego,
I_{nM} – prąd znamionowy silnika.

PRZYKŁAD 2.6

Wskaż miejsce nastawy członu przeciążeniowego na wyłączniku silnikowym.



Rys. 2.14. Wyłącznik silnikowy z członem przeciążeniowym

Określ nastawę członu przeciążeniowego dla silnika indukcyjnego klatkowego o podanych parametrach znamionowych, jeżeli jego uzwojenia połączone są w trójkąt.
Parametry znamionowe silnika:

$$P_n = 0{,}75 \text{ kW}$$
$$U_{1n} = 230/400 \text{ V/V}$$
$$I_{1n} = 3{,}64/2{,}1 \text{ A/A}$$

Silnik indukcyjny o uzwojeniach połączonych w trójkąt jest zasilany z sieci 230 V, a więc prąd znamionowy silnika to:

$$I_{nM} = 3{,}64 \text{ A}$$

Prąd nastawy na zabezpieczeniu przeciążeniowym powinien spełniać warunek:

$$I_{wc} = (1{,}05 \div 1{,}1) \cdot I_{nM}$$

Przyjmując nastawę dla wyższej wartości

$$I_{wc} = 1{,}1 \cdot I_{nM} = 1{,}1 \cdot 3{,}64 = 4 \text{ A}$$

– na wyłączniku silnikowym człon przeciążeniowy należy nastawić na poziomie 4 A.

Zabezpieczenia zanikowe

Silniki indukcyjne są wrażliwe na zmianę wartości skutecznej napięcia zasilającego. Moment elektromagnetyczny silnika jest wprost proporcjonalny do kwadratu napięcia zasilania. Oznacza to, że jeżeli napięcie zmniejszy się o 10%, to moment elektromagnetyczny zmniejszy się o 19%. Może to być przyczyną zatrzymania wirnika maszyny i silnego wzrostu prądu stojana. Ponadto na pracę silnika indukcyjnego niekorzystnie wpływa niesymetria napięcia zasilającego, co z kolei powoduje pojawienie się w maszynie składowej przeciwnej prądu. Składowa ta wytwarza moment hamujący i przyczynia się do nadmiernego nagrzewania silnika. Ponowne załączenie zasilania wpływa również niekorzystnie na pracę innych maszyn podłączonych do tej samej sieci, gdyż duży prąd rozruchowy wywołuje spadki napięcia w przewodach zasilających. W celu przeciwdziałania tym negatywnym zjawiskom stosuje się zabezpieczenia zanikowe o następującym przeznaczeniu:

- **zabezpieczenie podnapięciowe** – wartość nastawiana na zabezpieczeniu podnapięciowym to (0,5÷0,7) wartości napięcia znamionowego silnika;
- **zabezpieczenie przed niesymetrią napięcia układów wielofazowych** (zapobiega ono również uruchomieniu silnika przy przeciwnym do zamierzonego kierunku prędkości obrotowej);
- **zabezpieczenie przed zanikiem fazy zasilania**.

Zabezpieczenia przepięciowe

W przypadku sterowania elementami indukcyjnymi, takimi jak cewki elektrozaworów lub styczników, jest ważne zabezpieczenie elementów sterujących przed możliwością pojawienia się przepięć. Szczególnie wrażliwe na przepięcia są wyjścia tranzystorowe sterowników PLC. Dlatego jest konieczne zabezpieczenie każdego wyjścia sterownika. Należy jednak wziąć pod uwagę, że zastosowanie zabezpieczeń powoduje wydłużenie czasu wyłączania.

Tabela 2.10. Rodzaje zabezpieczeń przepięciowych sterowników PLC

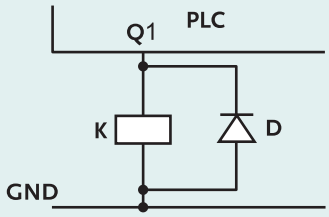
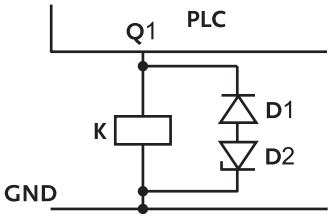
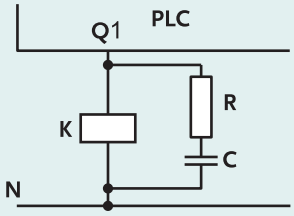
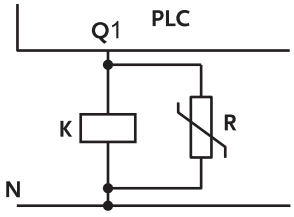
Zabezpieczenie diodą: • stosowane w obwodach prądu stałego w sterownikach PLC z wyjściami przekaźnikowymi i tranzystorowymi • dioda na napięcie 5÷10 razy większe niż napięcie zasilania (np. 1N4003)	
Zabezpieczenie układem diod: • stosowane w obwodach prądu stałego w sterownikach PLC z wyjściami przekaźnikowymi i tranzystorowymi • diody Zenera na napięcie zasilania 24 V DC (np. 1N5359BG)	

Tabela 2.10. Cd.

Zabezpieczenie dwójnikiem RC: • stosowane w obwodach prądu przemiennego w sterownikach PLC z wyjściami przekaźnikowymi i triakowymi • kondensator elektrolityczny 0,1 µF 250 V AC, rezystor 100 ÷ 200 Ω	
Zabezpieczenie warystorem: • stosowane w obwodach prądu przemiennego w sterownikach PLC z wyjściami przekaźnikowymi i triakowymi • warystor na napięcie 250 V (np. JVR07N391K)	

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Co to są zabezpieczenia zwarciowe, przeciążeniowe, zanikowe i stromościowe?
2. Jak ze względu na charakterystykę czasowo-prądową dzieli się wyłączniki nadprądowe?
3. Jak dobiera się wyzwalacz przeciążeniowy dla silników?
4. Jakim niekorzystnym zjawiskom przeciwdziałają zabezpieczenia zanikowe?
5. W jakich układach sterowania stosuje się zabezpieczenia stromościowe i jakiego rodzaju są to zabezpieczenia?

SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Co oznacza selektywność doboru zabezpieczeń?
2. Znajdź w dostępnych źródłach informacje na temat oznaczeń i parametrów zabezpieczeń wybranych producentów.
3. Dlaczego w silnikach obcowzbudnych prądu stałego nie można zabezpieczać obwodu uzwojenia wzbudzenia?

2.4 Podstawowe układy sterowania stycznikowo-przekaźnikowego

ZAGADNIENIA

- **Ćwiczenia w odczytywaniu i analizie układów sterowania elektrycznego**

Układy ze stycznikami i przekaźnikami należą do klasycznych układów sterowania. Obecnie w wielu miejscach zastępuje się je układami wykorzystującymi sterowniki PLC. Znajomość zasady działania układu opartego na stycznikach ułatwia wykonanie układu ze sterownikiem PLC. Wynika to z możliwości zastosowania w programowaniu sterowników języka LD. W niniejszym rozdziale przedstawiono podstawowe układy sterowania stycznikowo-przekaźnikowego pozwalające tworzyć bardziej złożone struktury.

Tabela 2.11. Podstawowe układy stykowe

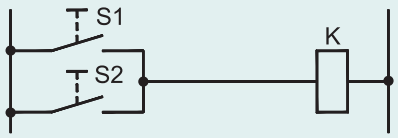
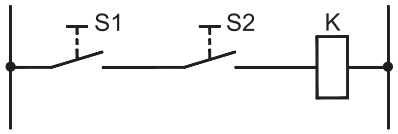
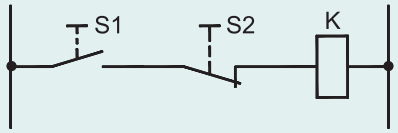
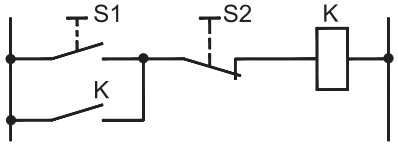
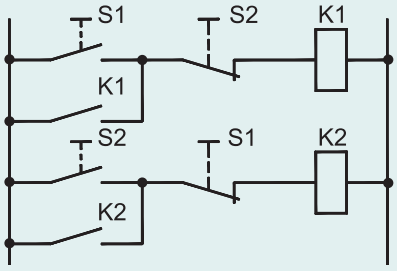
Układ realizujący funkcję alternatywy (funkcja OR)	
Układ realizujący funkcję koniunkcji (funkcja AND)	
Układ realizujący funkcję koniunkcji z negacją	
Układ realizujący funkcję z podtrzymaniem	

Tabela 2.11. Cd.

Układ realizujący funkcję blokady	

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Układy przedstawione w tabeli 2.11 są podstawowymi strukturami układów stykowych. Naucz się rysować te układy i przeanalizuj ich działanie.

2.5 Zasady rysowania schematów układów elektrycznych

ZAGADNIENIA

- **Jakie zasady obowiązują przy rysowaniu schematów sterowania elektrycznego?**

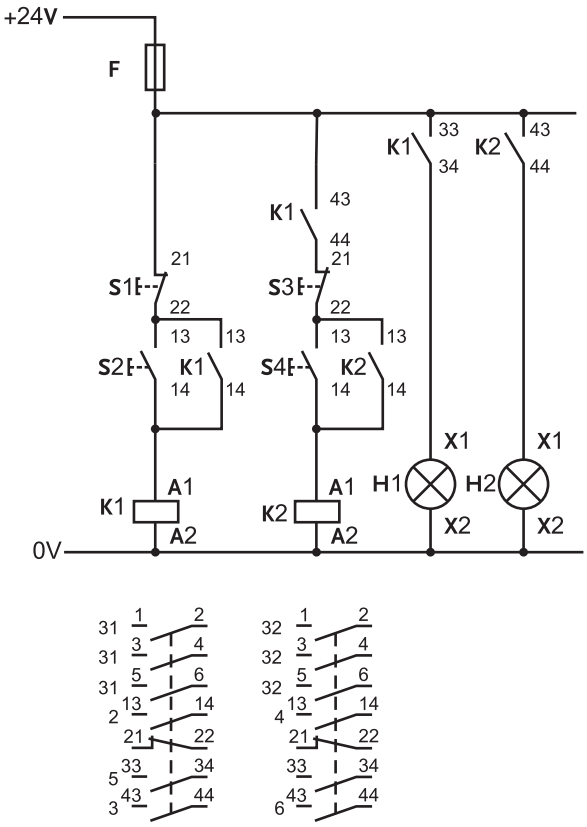
Przy **rysowaniu schematów** sterowania elektrycznego obowiązują przedstawione niżej **zasady**.

- Obwód sterowania i obwód prądowy rysuje się oddzielnie.
- Obwody są przedstawiane w stanie beznapięciowym (w wyjątkowych sytuacjach ich elementy mogą być pod napięciem).
- Symbole elementów muszą być zgodne z normą.
- Gałęzie obwodu sterowania rysuje się prostopadle między przewodami zasilającymi i kolejno numeruje.
- Symbole elementów umieszcza się prostopadle do przewodów zasilających.
- Połączenia pomiędzy gałęziami prowadzi się poziomo.
- Wszystkie części (cewki, styki) należące do tego samego elementu muszą mieć identyczną nazwę, np. K1.
- Nazwy elementów elektrycznych są umieszczane z lewej strony elementu.
- Numery, np. styków, cewek, umieszcza się z prawej strony elementów.
- Pod cewkami styczników i przekaźników rysuje się przynależne do danego elementu styki.

Stosowanie powyższych zasad ułatwia analizowanie schematów układów sterowania elektrycznego, zapewniając im przejrzystość.

PRZYKŁAD 2.7

Przeanalizuj podany układ pod względem działania.

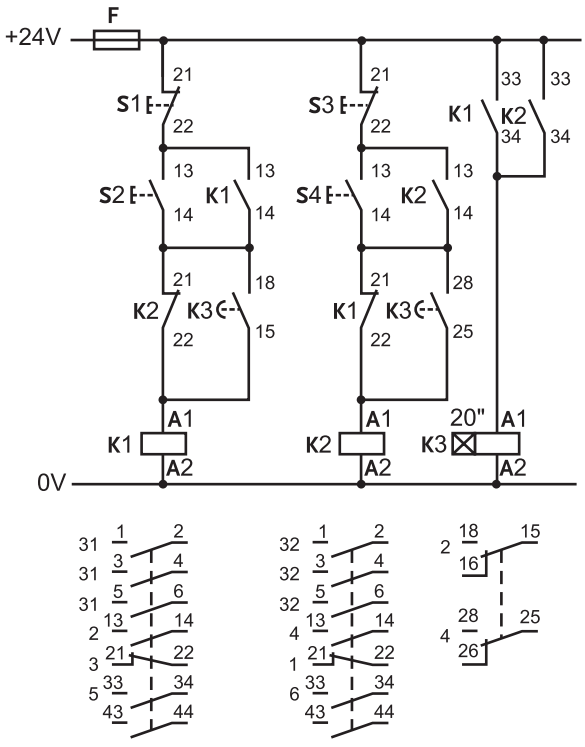


Rys. 2.15. Przykładowy układ sterowania elektrycznego

1. Układ jest zasilany z sieci o parametrach 24 V DC.
2. Zabezpieczeniem układu jest bezpiecznik F.
3. Naciśnięcie przycisku S2:13-14 powoduje podanie napięcia na cewkę K1:A1-A2, zamykają się zestyk podtrzymania K1:13-14, zestyk K1:33-34 oraz zestyk K1:43-44.
4. Lampka sygnalizacyjna H1:X1-X2 zapala się, przycisk S2:13-14 może zostać otwarty.
5. Naciśnięcie przycisku S4:13-14 powoduje podanie napięcia na cewkę K2:A1-A2, zamykają się zestyk podtrzymania K2:13-14 oraz zestyk K2:43-44.
6. Lampka sygnalizacyjna H2:X1-X2 zapala się, przycisk S4:13-14 może zostać otwarty.
7. Naciśnięcie przycisku S3:21-22 powoduje przerwanie obwodu z cewką K2:A1-A2, otwarcie zestyków K2:13-14 i K2:43-44 oraz wyłączenie lampki sygnalizacyjnej H2:X1-X2.
8. Naciśnięcie przycisku S1:21-22 powoduje przerwanie obwodu z cewką K1:A1-A2, otwarcie zestyków K1:13-14, K1:33-34 i K1:43-44 oraz wyłączenie lampek sygnalizacyjnych H1:X1-X2 i H2:X1-X2.

SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Przeanalizuj działanie przedstawionego poniżej układu sterowania.



2. Znajdź w dostępnych źródłach schematy układów sterowania stycznikowo-przekaźnikowego i przeanalizuj ich działanie.
3. Na zajęciach w pracowni mechatronicznej zmontuj przykładowy układ sterowania stycznikowo-przekaźnikowego i sprawdź jego działanie.

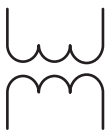
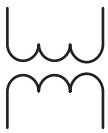
3.1 Transformatory

ZAGADNIENIA

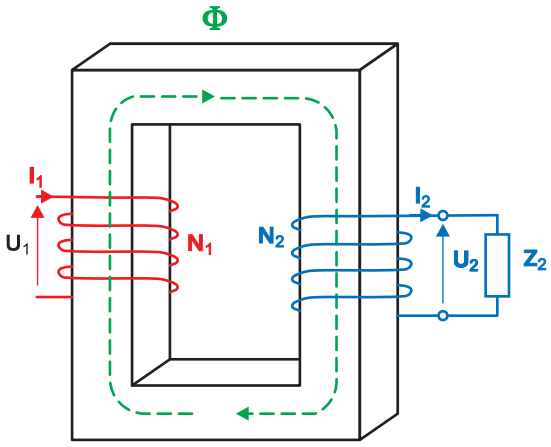
- **Do czego służy transformator?**
- **Jak jest zbudowany transformator?**
- **Jakie parametry znajdują się na tabliczce znamionowej transformatora?**
- **Jakie wyróżniamy stany pracy transformatora?**
- **Co to jest przekładnia napięciowa i zwojowa transformatora?**
- **Co określa procentowe znamionowe napięcie zwarcia?**
- **Dlaczego przy obciążeniu występuje obniżenie napięcia?**
- **Kiedy transformator może osiągnąć sprawność maksymalną?**

Transformator jest urządzeniem elektrycznym służącym do przesyłania mocy elektrycznej przy stałej częstotliwości, ale zmieniających się wartościach napięcia i prądu po stronach pierwotnej i wtórnej. Moc pobierana z sieci zasilającej przez uzwojenie pierwotne oraz moc przekazywana do obciążenia z uzwojenia wtórnego są sobie równe (niewielkich strat mocy w transformatorze nie bierze się pod uwagę). Przekazywanie energii odbywa się na drodze sprzężenia magnetycznego uzwojenia pierwotnego i uzwojenia wtórnego nawiniętych na wspólnym rdzeniu (rys. 3.1). W mechatronice wykorzystuje się przede wszystkim transformatory jednofazowe, które stanowią element układów zasilania urządzeń mechatronicznych.

Tabela 3.1. Symbole transformatorów

Rodzaj transformatora	Symbol
transformator jednofazowy	
autotransformator	
przekładnik napięciowy	

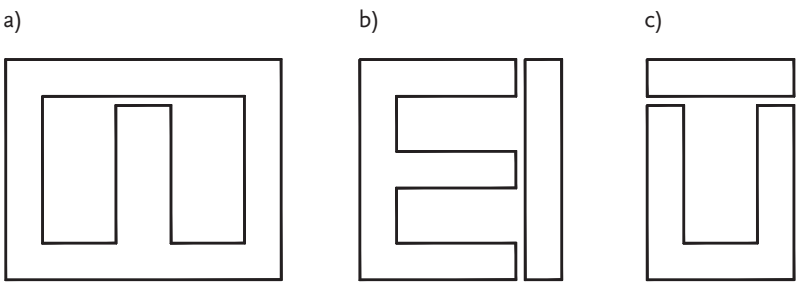
Rodzaj transformatora	Symbol
przekładnik prądowy	



Rys. 3.1. Zasada działania transformatora jednofazowego

Budowa transformatora jednofazowego

1. **Rdzeń transformatora** jest pakietowany, tj. składany z blach transformatorowych, przedzielonych cienkimi warstwami izolacyjnymi. Ma to na celu ograniczenie strat związanych z pojawieniem się w rdzeniu prądów wirowych i zabezpiecza go przed nadmiernym nagrzewaniem się. Blachy transformatorowe są przeplatane, co umożliwia zmniejszenie szczeliny powietrznej w miejscach połączenia jarzma z kolumną.
2. **Uzwojenia** znajdują się na kolumnach rdzenia magnetycznego. Są wykonane z drutu miedzianego izolowanego i są odizolowane od rdzenia. Uzwojenia pierwotne i wtórne w transformatorach jednofazowych mogą być umieszczane na osobnych kolumnach lub nawinięte współosiowo na jednej kolumnie. Jeżeli są nawinięte na jednej kolumnie, to, ze względu na konieczność zachowania odstępów izolacyjnych od rdzenia, uzwojeniem zewnętrznym jest uzwojenie górnego napięcia.

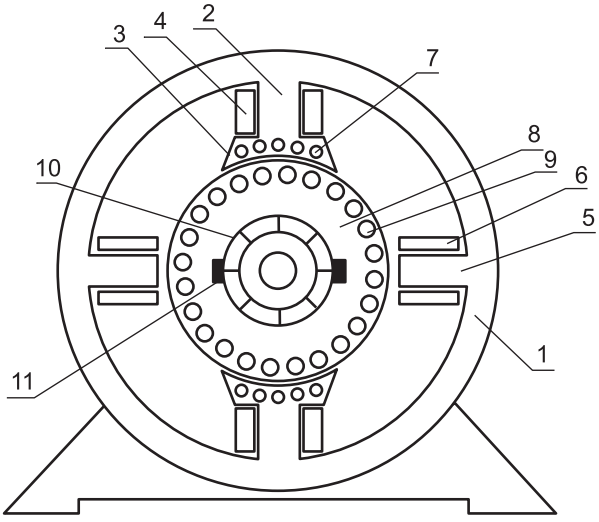


Rys. 3.2. Kształty blach rdzeni transformatorów jednofazowych: *a*) typu M, *b*) typu EI, *c*) typu UI

Tabela 3.2. Oznaczenia zacisków maszyny prądu stałego

Rodzaj uzwojenia	Oznaczenie zacisków
uzwojenie twornika	A1–A2
uzwojenie komutacyjne	B1–B2
uzwojenie kompensacyjne	C1–C2
uzwojenie wzbudzenia szeregowe	D1–D2
uzwojenie wzbudzenia bocznikowe	E1–E2
uzwojenie wzbudzenia obce	F1–F2
uzwojenie pomocnicze w osi wzdłużnej	H1–H2
uzwojenie pomocnicze w osi poprzecznej	I1–I2

3. **Komutator** składa się z wycinków miedzianych, przedzielonych warstwami izolacyjnymi. Do każdego wycinka jest doprowadzony punkt uzwojenia twornika zasilanego ze źródła dzięki szczotkom grafitowym umieszczonym na komutatorze.



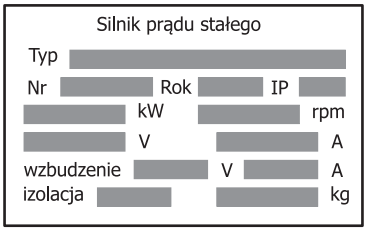
Rys. 3.8. Przekrój maszyny prądu stałego:
1 – jarzmo stojana, *2* – biegun główny, *3* – nabiegunniki, *4* – uzwojenie wzbudzenia, *5* – biegun komutacyjny, *6* – uzwojenie biegunów komutacyjnych, *7* – uzwojenie kompensacyjne, *8* – twornik, *9* – uzwojenie twornika, *10* – komutator, *11* – szczotki

Tabliczka znamionowa maszyn prądu stałego

Tabliczka znamionowa silników prądu stałego zawiera następujące dane:
- moc znamionową (dla silnika jest to moc mechaniczna na wale maszyny),
- napięcie znamionowe twornika,
- prąd znamionowy twornika,
- napięcie znamionowe wzbudzenia,
- prąd znamionowy wzbudzenia,

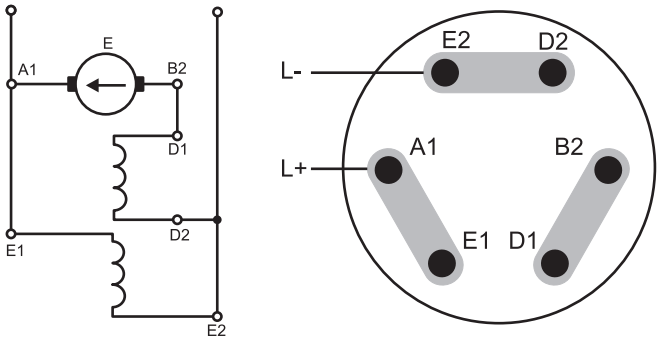
- prędkość znamionową,
- klasę izolacji,
- nazwę producenta, serię i rok produkcji.

PRZYKŁAD 3.4



Rys. 3.9. Przykładowe rozmieszczenie parametrów na tabliczce znamionowej

PRZYKŁAD 3.5



Rys. 3.10. Schemat połączeń oraz przykładowy widok tabliczki zaciskowej maszyny prądu stałego

Właściwości silników prądu stałego

Przepływ prądu wzbudzenia powoduje powstanie w maszynie prądu stałego pola magnetycznego, co z kolei, w wyniku wystąpienia zjawiska indukcji elektromagnetycznej rotacji, jest przyczyną indukowania w tworniku siły elektromotorycznej. Siła ta zależy od prędkości obrotowej i strumienia magnetycznego, lecz przy założeniu liniowej charakterystyki magnesowania przyjmuje się, że jest zależna od prędkości obrotowej i prądu wzbudzenia:

$$E = c_E \cdot n \cdot I_w,$$

gdzie:
E – siła elektromotoryczna indukowana w tworniku,
c_E – stała maszyny prądu stałego,
n – prędkość obrotowa,
I_w – prąd wzbudzenia.

3.3 Maszyny indukcyjne

ZAGADNIENIA

- **Jak są zbudowane maszyny indukcyjne?**
- **Jakie parametry znajdują się na tabliczce znamionowej?**
- **Co to jest prędkość synchroniczna i poślizg?**
- **W jakich stanach pracy może znajdować się maszyna indukcyjna?**
- **Czym charakteryzują się silniki jedno-, dwu- i trójfazowe?**
- **Co to jest silnik Dahlandera?**

Budowa maszyn indukcyjnych

Maszyny indukcyjne ze względu na swoją prostą budowę, powszechny dostęp do zasilania napięciem przemiennym jednofazowym i trójfazowym oraz możliwości regulacyjne stosuje się w wielu obszarach przemysłu i gospodarstwach domowych. Mimo że maszyny te mogą pracować jako prądnice, są wykorzystywane przede wszystkim jako silniki i produkowane są w zakresie mocy od kilkudziesięciu watów do kilkuset megawatów. Maszyna indukcyjna składa się z dwóch głównych części.

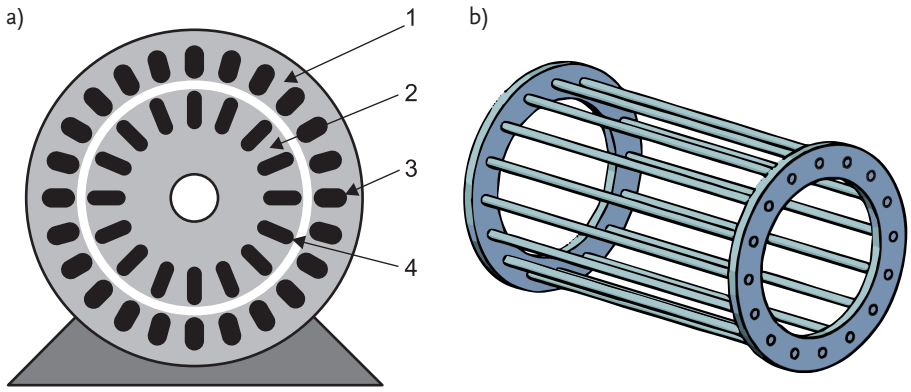
1. **Stojan** jest częścią nieruchomą. Aby ograniczyć straty od prądów wirowych, rdzeń obwodu magnetycznego jest wykonany z izolowanych blach. W blachach znajdują się żłobki, w których umieszcza się uzwojenie stojana. Całość jest osadzona w odlewanej lub spawanej obudowie.
2. **Wirnik** jest częścią ruchomą. Podobnie jak w stojanie, rdzeń jest wykonany z izolowanych blach. Liczba żłobków powinna się różnić od liczby żłobków stojana, co pozwala zmniejszyć pulsacje strumienia magnetycznego. Są one najczęściej skośne względem osi wału, co dodatkowo wpływa na cichobieżność maszyny. Rdzeń wirnika jest umieszczony bezpośrednio na wale maszyny. Znajdujące się w żłobkach uzwojenie wirnika może być nawijane (silniki pierścieniowe) lub odlewane w postaci tzw. klatki (silniki klatkowe).

Tabliczka znamionowa maszyn indukcyjnych

Tabliczka znamionowa silników indukcyjnych zawiera następujące dane:

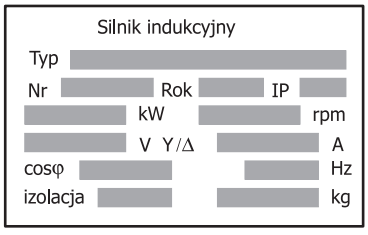
- moc znamionową (dla silnika jest to moc mechaniczna na wale maszyny),
- napięcie znamionowe stojana,
- prąd znamionowy stojana,
- napięcie znamionowe wirnika (tylko dla silnika pierścieniowego),
- prąd znamionowy wirnika (tylko dla silnika pierścieniowego),
- częstotliwość znamionową,
- znamionowy współczynnik mocy,
- prędkość znamionową,

- klasę izolacji,
- nazwę producenta, serię i rok produkcji.



Rys. 3.13. Budowa silnika indukcyjnego: *a*) przekrój poprzeczny: *1* – rdzeń stojana, *2* – rdzeń wirnika, *3* – żłobki stojana (uzwojenie), *4* – żłobki wirnika (uzwojenie lub klatka), *b*) klatka wirnika

PRZYKŁAD 3.7



Rys. 3.14. Przykładowe rozmieszczenie parametrów na tabliczce znamionowej

Charakterystyka mechaniczna maszyny indukcyjnej

W silniku indukcyjnym uzwojenie stojana zasilane ze źródła napięcia przemiennego wytwarza wirujące pole kołowe, które wiruje z prędkością synchroniczną. Jeżeli częstotliwość napięcia zasilania wynosi f_1, a liczba par biegunów uzwojenia stojana maszyny wynosi p, to prędkość synchroniczna jest wyznaczana z zależności:

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p},$$

gdzie:
n_1 – prędkość synchroniczna,
f_1 – częstotliwość napięcia zasilania,
p – liczba par biegunów.

Prędkość wirowania wirnika jest różna od prędkości synchronicznej. Dla pracy silnikowej w warunkach znamionowych wirnik wiruje z prędkością mniejszą o kilka procent od prędkości synchronicznej.

W układzie Dahlandera jest zastosowane jedno przełączalne uzwojenie stojana umożliwiające uzyskanie dwóch prędkości obrotowych. Zalecanymi prędkościami synchronicznymi są: 1500/3000 (stosunek liczby par biegunów $p_1/p_2 = 2/1$), 750/1500 ($p_1/p_2 = 4/2$), 500/1000 ($p_1/p_2 = 6/3$). Podstawowe układy Dahlandera to układ D/YY oraz układ Y/YY, których schematy przedstawiono w tabeli 3.5.

Tabela 3.5. Układy połączeń silnika Dahlandera

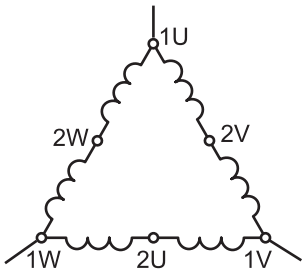
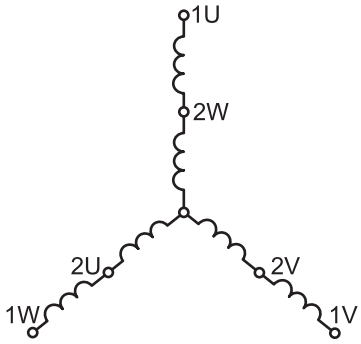
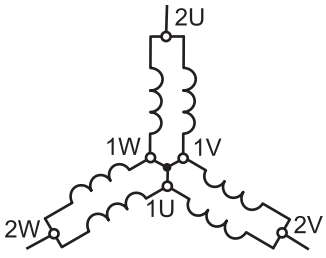
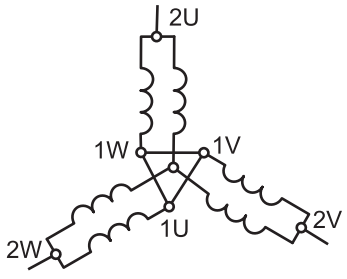
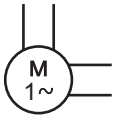
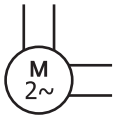
	D/YY	Y/YY
Układ połączeń dla niskich obrotów		
Układ połączeń dla wysokich obrotów		
Stosunek mocy przy zmianie układu połączeń	$\frac{P_\Delta}{P_{YY}} = \frac{1}{1,5 \div 1,8}$	$\frac{P_Y}{P_{YY}} = \frac{0,3}{1}$
Zastosowanie	w przypadku wymaganego stałego momentu obrotowego, np. do napędu obrabiarek	do napędu maszyn o kwadratowo zmieniającym się momencie mechanicznym, np. do napędu pomp, wentylatorów, sprężarek wirnikowych

Tabela 3.6. Symbole silników indukcyjnych

Rodzaj silnika	Symbol	Rodzaj silnika	Symbol
silnik klatkowy		silnik pierścieniowy	
silnik jednofazowy		silnik dwufazowy	
silnik liniowy		silnik Dahlandera	

SPRAWDŹ SWOJĄ WIEDZĘ

1. Czym różni się budowa silnika pierścieniowego od budowy silnika klatkowego?
2. Jakie parametry można odczytać z tabliczki znamionowej?
3. Co określa prędkość synchroniczna i poślizg?
4. Jakie można wyróżnić stany pracy maszyny indukcyjnej?
5. Jak należy podłączyć silnik trójfazowy przy gwieździe i trójkącie oraz przy zmianie kierunku obrotów?
6. Jakie wyróżniamy rodzaje klatek wirnika?
7. Jaki jest podział silników dwufazowych i jednofazowych?
8. Co to jest silnik Dahlandera?

SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

1. Narysuj układ zasilania silnika indukcyjnego z pośredniego przemiennika częstotliwości.
2. Jak w praktyce realizuje się się układy sterowania silnikiem dwufazowym?
3. Przedstaw na rysunku charakterystykę mechaniczną silnika jednofazowego z kondensatorem rozruchowym i kondensatorem pracy.
4. Znajdź w dostępnych źródłach zastosowanie silnika Dahlandera.
5. W jaki sposób można zmienić kierunek wirowania silników jednofazowego i dwufazowego?

3.4 Maszyny synchroniczne

ZAGADNIENIA

- **Jak są zbudowane maszyny synchroniczne?**
- **Jakie parametry znajdują się na tabliczce znamionowej?**
- **Czym charakteryzuje się alternator?**
- **Jaka jest zasada działania silnika reluktancyjnego i jakie ma on zastosowanie?**

Budowa maszyn synchronicznych

Maszyny synchroniczne są budowane przede wszystkim jako maszyny dużych mocy wykorzystywane w formie generatorów w elektrowniach lub silników wirujących ze stałą prędkością (np. w napędach wentylatorów czy jako kompensatory synchroniczne). Obwód magnetyczny tych maszyn, ze względu na konieczność ograniczenia prądów wirowych, składa się z blach osadzonych w korpusie. W żłobkach stojana jest umieszczone symetryczne trójfazowe uzwojenie (rzadko jednofazowe) o początkach i końcach oznaczonych odpowiednio U1–U2, V1–V2, W1–W2. Obwód magnetyczny wirnika (magneśnica) jest wykonywany jako jednolity. Wynika to z występowania w nim praktycznie stałego strumienia magnetycznego, a więc nie ma potrzeby ograniczania prądów wirowych. W magneśnicy znajduje się uzwojenie zasilane ze źródła napięcia stałego. Zaciski tego uzwojenia są oznaczone F1–F2. Ze względu na kształt wirnika maszyny synchroniczne można podzielić na dwa rodzaje.

1. **Maszyny cylindryczne** (z biegunami ukrytymi) (rys. 3.24*a*) charakteryzują się stałą szczeliną powietrzną na całym obwodzie magnetycznym. Wykorzystuje się je przede wszystkim jako prądnice synchroniczne w blokach energetycznych.
2. **Maszyny jawnobiegunowe** (z biegunami wydatnymi) (rys. 3.24*b*) charakteryzują się zmienną szczeliną powietrzną na obwodzie magnetycznym. Stosuje się je jako hydrogeneratory i silniki synchroniczne.

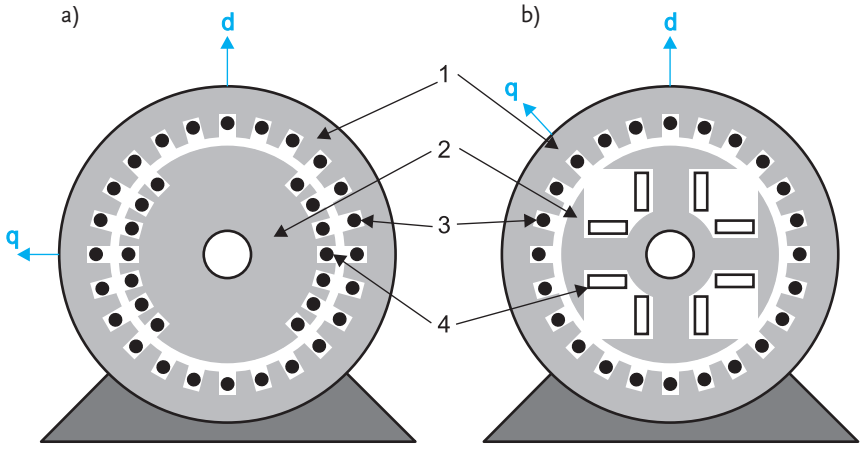
Jak już wspomniano, maszyny synchroniczne to przede wszystkim maszyny o dużych mocach znamionowych. Jeśli chodzi o zastosowanie w urządzeniach i systemach mechatronicznych, najważniejsze wydają się dwa typy tych maszyn – alternator i silnik reluktancyjny.

Tabliczka znamionowa maszyny synchronicznej

Tabliczka znamionowa maszyny synchronicznej zawiera następujące dane:

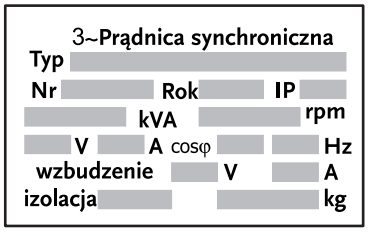
- moc znamionowa (dla silnika jest to moc mechaniczna na wale maszyny, a dla prądnicy moc elektryczna wydawana ze stojana),
- napięcie znamionowe stojana,
- prąd znamionowy stojana,
- znamionowe napięcie wzbudzenia,
- znamionowy prąd wzbudzenia,
- częstotliwość znamionowa,

- znamionowy współczynnik mocy,
- prędkość znamionowa,
- klasa izolacji,
- producent, seria i rok produkcji.



Rys. 3.24. Przekrój maszyny cylindrycznej (*a*) oraz jawnobiegunowej (*b*):
1 – rdzeń stojana, *2* – rdzeń wirnika, *3* – uzwojenie stojana, *4* – uzwojenie wirnika

PRZYKŁAD 3.12



Rys. 3.25. Przykładowe rozmieszczenie parametrów na tabliczce znamionowej prądnicy synchronicznej

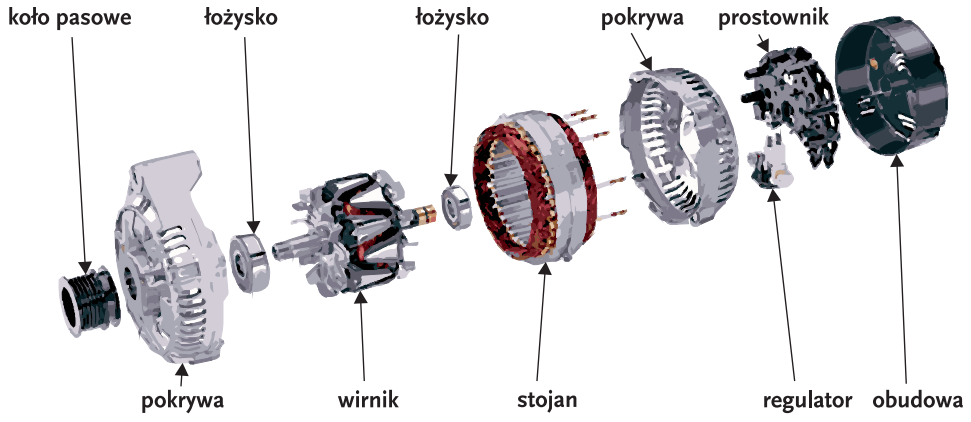
Alternator

Napięcie indukowane w tworniku (stojanie) prądnicy synchronicznej jest zależne od prądu wzbudzenia i prędkości wirowania:

$$E_w = \frac{n}{n_n} \cdot \frac{I_w}{I_{wn}} \cdot E_{wn},$$

gdzie:
E_w – siła elektromotoryczna indukowana w tworniku,
E_{wn} – znamionowa siła elektromotoryczna indukowana w tworniku,
n – prędkość obrotowa, I_w – prąd wzbudzenia,
n_n – znamionowa prędkość obrotowa, I_{wn} – znamionowy prąd wzbudzenia.

Alternator (rys. 3.26) jest trójfazową prądnicą synchroniczną stosowaną w samochodach, tak więc wchodzi w ważny obszar zastosowania mechatroniki – przemysł motoryzacyjny. Rdzeń magnetyczny twornika składa się z odizolowanych blach i nawiniętego na nim trójfazowego uzwojenia. Na wirniku alternatora jest nawinięte uzwojenie wzbudzenia, a rdzeń wirnika jest zbudowany z kilkunastu biegunów tworzących tzw. strukturę kłową. Bieguny wirnika mają przemienną biegunowość, co przy zasilaniu uzwojenia wzbudzenia pozwala uzyskać w maszynie pole magnetyczne osiowe. Wprowadzenie w pojazdach samochodowych alternatorów do wytwarzania energii elektrycznej pozwoliło wyeliminować konieczność stosowania prądnic prądu stałego, których awaryjność zwiększa układ komutator – szczotki. W alternatorach zastosowano trójfazowy prostownik mostkowy (sześciodiodowy), do którego jest podłączone obciążenie. Obecnie stosuje się alternatory z dodatkowym trójfazowym prostownikiem (trójdiodowym). Prostownik ten wraz z regulatorem jest odpowiedzialny za zasilanie uzwojenia wzbudzenia i utrzymanie stałego napięcia na zaciskach alternatora niezależnie od warunków pracy (tj. niezależnie od prędkości obrotowej i obciążenia). Jest to tzw. alternator samowzbudny.



Rys. 3.26. Budowa alternatora

Silnik reluktancyjny

W silniku synchronicznym uzwojenie stojana jest zasilane symetrycznym układem napięć trójfazowych, a uzwojenie wirnika – ze źródła napięcia stałego. Przy nieruchomym wirniku i prędkościach różnych od prędkości synchronicznej pola stojana powstaje moment przemienny, którego wartość średnia jest równa zeru. Wytworzenie momentu elektromagnetycznego o wartości średniej różnej od zera, jest możliwe jedynie wtedy, gdy prędkość obrotowa silnika będzie równa prędkości synchronicznej wirującego pola magnetycznego stojana.

W maszynie jawnobiegunowej jest możliwe wytworzenie momentu elektromagnetycznego przy braku uzwojenia wzbudzenia. Silniki tego typu noszą nazwę silników reluktancyjnych i stosuje się je jako maszyny małej mocy. Wytworzenie momentu elektromagnetycznego w tych silnikach jest wynikiem oddziaływania dynamicznego pola magnetycznego na element ferromagnetyczny magnetycznie niesymetryczny, jakim jest wirnik. Pod wpływem tego działania wirnik dąży do osiągnięcia takiego położenia, przy którym przewodność magnetyczna (permeancja) jest największa. Wirnik silnika jawnobiegunowego jest niesymetryczny, toteż z powodu nierównomiernej szczeliny powietrznej charakteryzuje się większą przewodnością magnetyczną w osi *d* niż w osi *q* (rys. 3.24*b*).

4. Elementy elektroniczne i cyfrowe

- Elementy elektroniczne
- Wzmacniacz operacyjny i układy pracy wzmacniacza
- Wybrane układy elektroniczne
- Bramki logiczne
- Wybrane układy kombinacyjne i sekwencyjne
- Sensory w mechatronice
- Przetworniki wielkości nieelektrycznych na elektryczne
- Sterowniki z programowalną pamięcią PLC

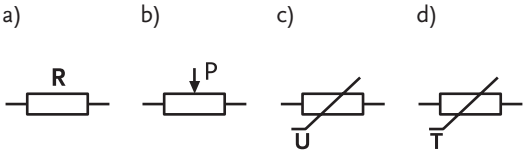
4.1 Elementy elektroniczne

ZAGADNIENIA

- **Jakie wyróżnia się najważniejsze elementy elektroniczne?**
- **Jakimi symbolami oznacza się podstawowe elementy elektroniczne?**

Znajomość symboli poszczególnych elementów elektronicznych jest bardzo ważna, gdyż pozwala kształtować umiejętności czytania schematów i rozumienia działania układów elektronicznych. Ze względu na ich różnorodność poniżej podano jedynie podstawowe symbole oraz informacje dotyczące elementów najczęściej wykorzystywanych w urządzeniach elektronicznych.

1. **Elementy rezystancyjne** są elementami biernymi służącymi m.in. do ustalania napięcia odniesienia, ograniczania prądów oraz zabezpieczania obwodów przed pojawieniem się impulsów napięciowych. Do najważniejszych parametrów rezystorów należą: rezystancja znamionowa, tolerancja, moc znamionowa i temperaturowy współczynnik materiału.



Rys. 4.1. Symbole elementów rezystancyjnych: rezystor (*a*), potencjometr (*b*), warystor (*c*), termistor (*d*)

PRZYKŁAD 4.1

Wykorzystaj kod barwny rezystora z poniższej tabeli i odczytaj wartość rezystora z rys. 4.2.

Tabela 4.1. Kody barwne rezystorów

	Wartość		Mnożnik	Tolerancja
	1. pasek	2. pasek	3. pasek	4. pasek
Czarny	0	0	1	–
Brązowy	1	1	10	1%
Czerwony	2	2	100	2%
Pomarańczowy	3	3	1k	–
Żółty	4	4	10k	–

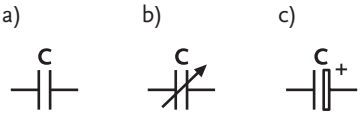
		Wartość		Mnożnik	Tolerancja
		1. pasek	2. pasek	3. pasek	4. pasek
Zielony		5	5	100k	0,5%
Niebieski		6	6	1M	0,25%
Fioletowy		7	7	10M	0,1%
Szary		8	8	100M	0,05%
Biały		9	9	1G	–
Złoty		–	–	0,1	5%
Srebrny		–	–	0,01	10%
Brak		–	–	–	20%



Rys. 4.2. Oznaczenie paskami rezystora 4,7 kΩ z tolerancją 1%

Rezystory mogą być również oznaczane kodem literowo-cyfrowym. Dla przykładu, rezystancja 4,7 kΩ będzie zapisywana jako 4*k*7 (litera *k* oznacza wielokrotność i położenie przecinka w liczbie).

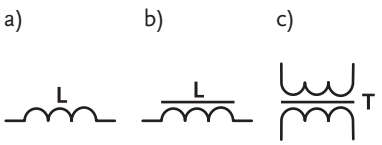
2. Kondensatory są elementami biernymi wykorzystywanymi przede wszystkim w układach filtracji sygnałów i wygładzania napięcia oraz w obwodach rezonansowych. W przekształtnikach energoelektronicznych kondensatory z rezystorami stanowią element zabezpieczający półprzewodnikowe przyrządy mocy przed zbyt stromym narastaniem napięcia. Podstawowe parametry kondensatorów to pojemność znamionowa, napięcie znamionowe i współczynnik stratności.



Rys. 4.3. Symbole kondensatorów: symbol ogólny (*a*), kondensator zmienny (*b*), kondensator elektrolityczny (*c*)

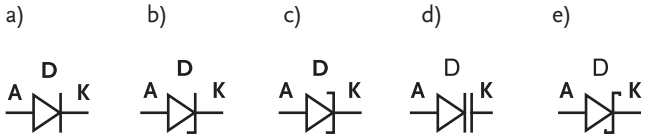
3. Cewki indukcyjne jako elementy bierne są wykorzystywane w obwodach rezonansowych oraz filtrach pasywnych i aktywnych, a w przekształtnikach energoelektronicznych służą do wygładzania prądu w obwodach pośredniczących prądu stałego. Do elementów indukcyjnych zalicza się również transformatory, które w układach elektronicznych

są używane do obniżania napięcia w zasilaczach oraz jako elementy separacji galwanicznej. Podstawowe parametry cewek to indukcyjność znamionowa, moc znamionowa i dobroć.



Rys. 4.4. Symbole cewek indukcyjnych: symbol ogólny (*a*), cewka z rdzeniem (*b*), transformator (*c*)

4. **Diody półprzewodnikowe** są elementami zawierającymi jedno złącze półprzewodnikowe. Końcówki diody nazywane są anodą (oznaczana literą A) i katodą (oznaczana literą K). Parametry określające właściwości tych elementów to: powtarzalne szczytowe napięcie wsteczne, napięcie przebicia, napięcie progowe, maksymalne średnie napięcie przewodzenia, maksymalny średni prąd przewodzenia. Diody, ze względu na swoje właściwości związane z domieszkowaniem półprzewodników, mają różne zastosowanie. Wyróżnia się kilka podstawowych **rodzajów diod**.
   - **Dioda prostownicza** służy do przekształcania prądu zmiennego w prąd jednokierunkowy pulsujący.
   - **Dioda Zenera** jest diodą stabilizacyjną, używaną przy polaryzacji w kierunku zaporowym w układach stabilizacji napięcia.
   - **Dioda tunelowa** w pewnym fragmencie charakterystyki prądowo-napięciowej cechuje się ujemną rezystancją dynamiczną, co jest wykorzystywane w generatorach do kompensacji rezystancji cewek.
   - **Dioda pojemnościowa**, zwana warikapem, jest polaryzowana w kierunku zaporowym i stosowana jako zmienna pojemność w układach automatycznego przestrajania obwodów rezonansowych.
   - **Dioda Schottky'ego** to dioda typu metal-półprzewodnik. Wykorzystuje się ją w układach cyfrowych i przekształtnikach energoelektronicznych ze względu na dużą szybkość przełączania.



Rys. 4.5. Symbole diod: prostownicza (*a*), Zenera (*b*), tunelowa (*c*), pojemnościowa (*d*), Schottky'ego (*e*)

5. **Tranzystory bipolarne** są elementami o dwóch złączach półprzewodnikowych i trzech końcówkach (kolektor – C, emiter – E, baza – B). Ich działanie polega na przepływie dwóch typów ładunków – elektronów i dziur. Podstawową cechą tranzystora jest wzmacnianie sygnału elektrycznego, polegające na wzmacnianiu małego prądu bazy w stosunku do prądu kolektora w stanie aktywnej pracy. Wartość współczynnika wzmocnienia prądowego zawiera się w granicach $\beta = 20 \div 1000$.

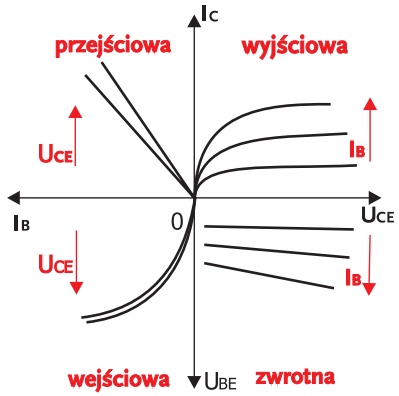
$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$I_C = \alpha \cdot I_E,$$

gdzie:
I_C – prąd kolektora,
I_B – prąd bazy,
I_E – prąd emitera,
β – współczynnik wzmocnienia prądowego,
α – współczynnik $\alpha = 0{,}95 \div 0{,}99$.

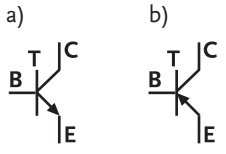
Tabela 4.2. Stany pracy tranzystora bipolarnego

Stan pracy	Polaryzacja złącza	
	emiter – baza	kolektor – baza
aktywny	przewodzenie	zaporowy
nasycenie	przewodzenie	przewodzenie
zatkanie	zaporowy	zaporowy
inwersyjny	zaporowy	przewodzenie



Rys. 4.6. Charakterystyki tranzystora bipolarnego

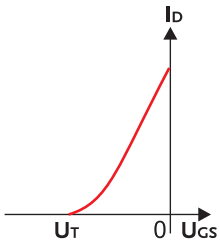
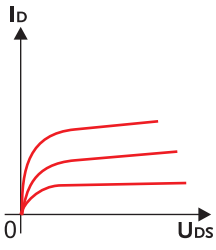
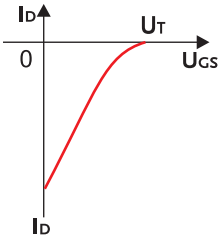
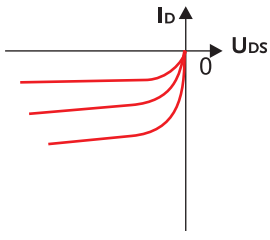
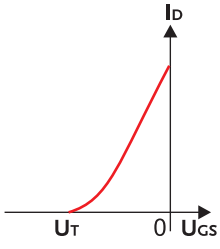
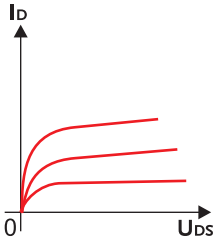
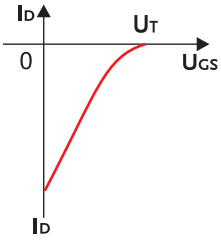
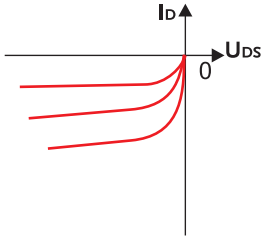
Tranzystory bipolarne, ze względu na ich właściwości, stosuje się w układach elektronicznych, przede wszystkim we wzmacniaczach. Wykorzystywane są również w urządzeniach dużej mocy jako elementy przełączające.

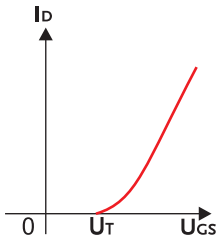
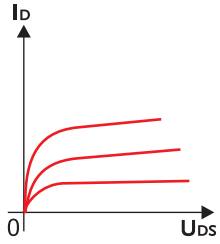
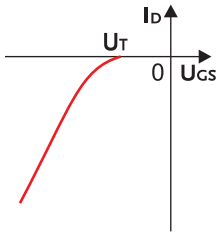
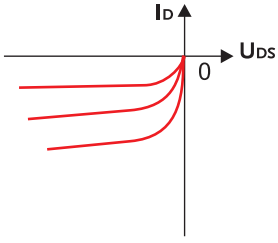


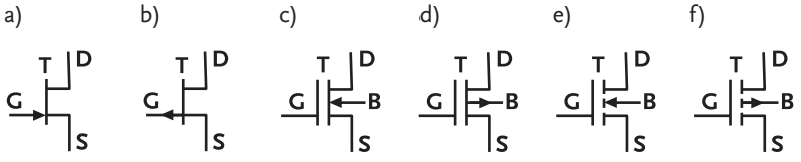
Rys. 4.7. Symbole tranzystorów bipolarnych: npn (*a*), pnp (*b*)

6. Tranzystory unipolarne, zwane także polowymi, należą do elementów, w których prąd jest wywołany przepływem tylko jednego rodzaju ładunków – dziur lub elektronów. Prąd elektryczny przepływa pomiędzy dwiema elektrodami – źródłem S i drenem D, a sterowanie kanałem przewodzącym odbywa się przez przyłożenie napięcia sterującego do bramki G. W zależności od technologii wytwarzania wyróżnia się tranzystory unipolarne złączowe JFET (*Junction Field Effect Transistor*) oraz z izolowaną bramką IGFET (*Insulated Gate Field Effect Transistor*).
Tranzystory polowe charakteryzują się dużą rezystancją wejściową (mały pobór mocy) i możliwością pracy przy dużych częstotliwościach. Z tego względu stosuje się je w technice cyfrowej i mikroprocesorowej, a także w przekształtnikach energoelektronicznych, w których jest wymagana praca przy dużych częstotliwościach przełączania.

Tabela 4.3. Charakterystyki tranzystorów unipolarnych (U_T – napięcie progowe)

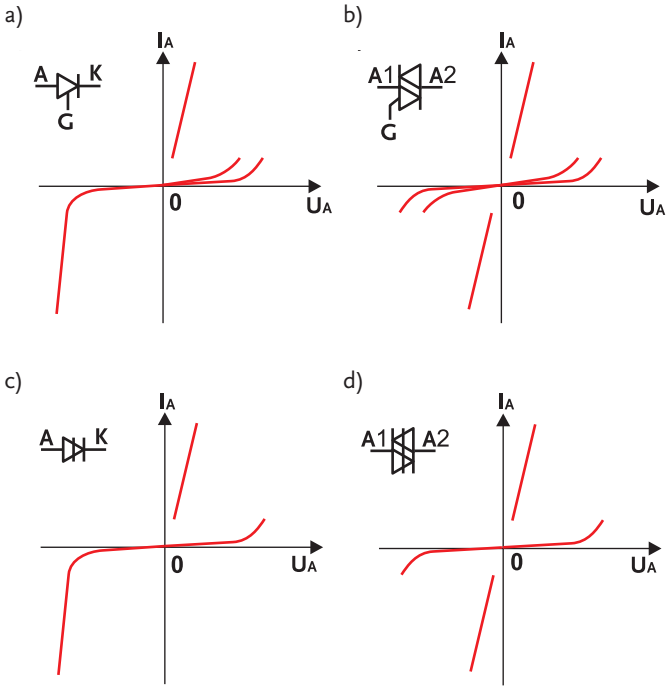
Rodzaj tranzystora	Charakterystyka przejściowa	Charakterystyka wyjściowa
złączowy z kanałem n		
złączowy z kanałem p		
z izolowaną bramką zubażany z kanałem n		
z izolowaną bramką zubażany z kanałem p		

Rodzaj tranzystora	Charakterystyka przejściowa	Charakterystyka wyjściowa
z izolowaną bramką wzbogacany z kanałem n		
z izolowaną bramką wzbogacany z kanałem p		



Rys. 4.8. Symbole tranzystorów unipolarnych: złączowy z kanałem typu n (*a*), złączowy z kanałem typu p (*b*), z izolowaną bramką zubażany z kanałem typu n (*c*), z izolowaną bramką zubażany z kanałem typu p (*d*), z izolowaną bramką wzbogacany z kanałem typu n (*e*), z izolowaną bramką wzbogacany z kanałem typu p (*f*)

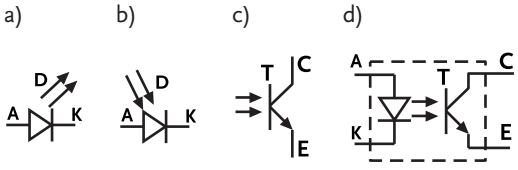
7. **Elementy przełączające** charakteryzują się dwoma stanami pracy – stanem przewodzenia i stanem blokowania. Wyróżnia się wśród nich cztery podstawowe elementy.
   - **Tyrystor** jest elementem czterowarstwowym, zwanym również diodą sterowaną. Załączenie tyrystora następuje po spolaryzowaniu złącza anoda–katoda (A–K) w kierunku przewodzenia i doprowadzeniu do bramki (G) impulsu załączającego. Tyrystory stosuje się w układach regulacji dużych mocy w przekształtnikach energoelektronicznych.
   - **Triak** jest tyrystorem dwukierunkowym. Ze względu na mniejsze wartości parametrów statycznych w porównaniu z tyrystorami, triaki stosuje się w układach regulacji mniejszych mocy, np. w sprzęcie AGD.
   - **Dynistor** jest najprostszym elementem przełączającym i jest nazywany diodą przełączającą lub tyrystorem diodowym niesymetrycznym. Przełączenie dynistora następuje po odpowiednim spolaryzowaniu złącza napięciem anoda–katoda lub zmniejszeniu prądu anodowego poniżej prądu podtrzymania.
   - **Diak** jest nazywany dwukierunkową diodą Shockleya lub tyrystorem diodowym symetrycznym. Elementy te zachowują się jak diody przełączające i są wykorzystywane w układach przełączających oraz wytwarzających impulsy.



Rys. 4.9. Symbole i charakterystyki elementów przełączających: tyrystor (*a*), triak (*b*), dynistor (*c*), diak (*d*)

8. Elementy optoelektroniczne są przyrządami półprzewodnikowymi, których parametry zmieniają się pod wpływem energii promieniowania optycznego (światło, podczerwień). Można je podzielić ze względu na pełnioną funkcję, co jest także związane z ich budową.

- **Fotodetektory** – odbiorniki promieniowania, do których zalicza się fotorezystory, fotodiody, fototranzystory, fotoogniwa.
- **Fotoemitery** – źródła promieniowania, do których zalicza się diody LED, wskaźniki segmentowe, lasery.
- **Transoptory** – układy złożone z fotoemitera i fotodetektora, wykorzystywane do separacji galwanicznej.



Rys. 4.10. Symbole elementów optoelektronicznych: dioda LED (*a*), fotodioda (*b*), fototranzystor (*c*), transoptor (*d*)

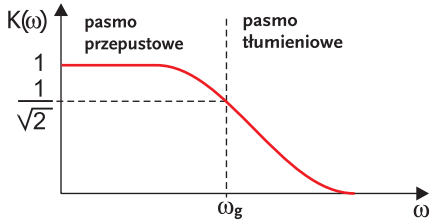
4.3 Wybrane układy elektroniczne

ZAGADNIENIA

- **Co to jest filtr sygnału?**
- **Jakie wyróżniamy rodzaje filtrów?**
- **W jakim celu stosuje się układy uzależnień czasowych?**
- **Jak jest zbudowany zasilacz liniowy i impulsowy?**

Filtr to układ o strukturze czwórnika, którego zadaniem jest przepuszczanie sygnału bez tłumienia w określonym paśmie częstotliwości oraz tłumienie napięć i prądów dla częstotliwości poza tym pasmem. Filtry stosuje się zarówno w układach elektronicznych, jak i układach energetycznych (m.in. do filtracji wyższych harmonicznych generowanych przez przekształtniki energoelektroniczne).

Pasmo częstotliwości filtra, w którym jest przepuszczany sygnał, nazywa się pasmem przepustowym, natomiast pasmo częstotliwości, w którym następuje tłumienie sygnału – pasmem tłumieniowym. Częstotliwość oddzielająca oba te pasma nosi nazwę częstotliwości granicznej filtra f_g (używa się również pojęcia pulsacji granicznej ω_g). Ze względu na budowę i zastosowanie filtra może występować kilka częstotliwości granicznych.



Rys. 4.15. Położenie pasm częstotliwości w filtrze dolnoprzepustowym

Z możliwością przepuszczania określonych częstotliwości przez filtry jest związany ich podstawowy parametr – współczynnik tłumienia. Jest on definiowany jako stosunek wartości sygnału wyjściowego (napięcia lub prądu) do wartości sygnału wejściowego. Najczęściej współczynnik tłumienia jest wyrażany w decybelach [dB]:

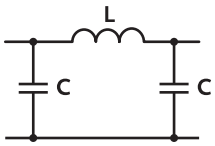
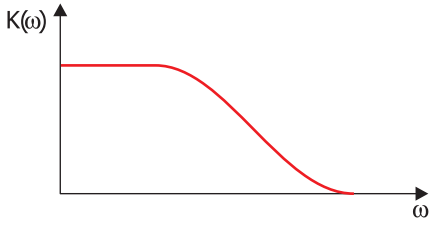
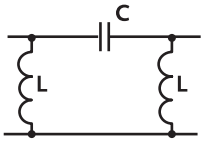
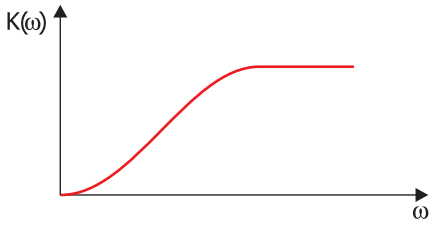
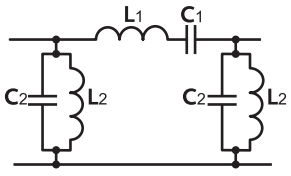
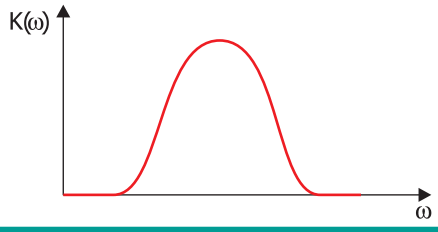
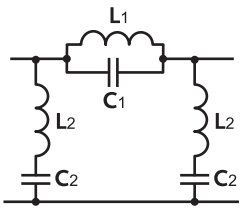
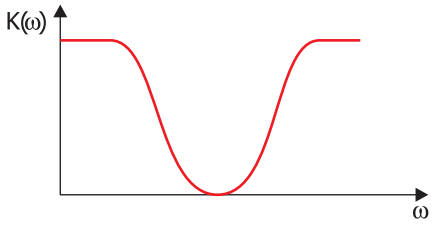
$$k = -20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1},$$

gdzie:
k – współczynnik tłumienia,
U_2 – wartość napięcia wyjściowego,
U_1 – wartość napięcia wejściowego.

W zależności od zastosowanych elementów do budowy filtrów wyróżnia się:

- filtry pasywne składające się tylko z elementów pasywnych LC lub RC;
- filtry aktywne, w których obok elementów pasywnych znajdują się elementy aktywne, takie jak wzmacniacze operacyjne (pozwala to na znacznie większą swobodę w projektowaniu charakterystyki częstotliwościowej).

Tabela 4.5. Wybrane filtry pasywne LC (w układzie Π)

Filtr dolnoprzepustowy	
	
Filtr górnoprzepustowy	
	
Filtr środkowoprzepustowy	
	
Filtr środkowozaporowy	
	

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że podjęły starania mające na celu dotarcie do właścicieli i dysponentów praw autorskich wszystkich zamieszczonych utworów. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, przytaczając w celach dydaktycznych utwory lub fragmenty, postępują zgodnie z art. 29 ustawy o prawie autorskim. Jednocześnie Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne oświadczają, że są jedynym podmiotem właściwym do kontaktu autorów tych utworów lub innych podmiotów uprawnionych w wypadkach, w których twórcy przysługuje prawo do wynagrodzenia.

Klub Nauczyciela **uczę.pl** cenną pomocą dydaktyczną!

Co można znaleźć w Klubie Nauczyciela?

- podstawy programowe
- programy nauczania
- materiały metodyczne: rozkłady materiału, plany nauczania, plany wynikowe, scenariusze przykładowych lekcji
- materiały dydaktyczne i ćwiczeniowe
- klucze odpowiedzi do zeszytów ćwiczeń



KLUB NAUCZYCIELA uczę.pl



Kształcimy zawodowo!

Największa oferta publikacji zawodowych w Polsce

- **podręczniki**
- **repetytoria i testy** przygotowujące do egzaminów
- seria **„Pracownie”** do praktycznej nauki zawodu
- ćwiczenia do nauki **języków obcych zawodowych**
- dodatkowe materiały dla nauczycieli na **uczę.pl**
- wszystkie treści zgodne z **nową podstawą programową**

Skuteczne przygotowanie do nowych egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie

Wszystkie nasze publikacje można zamówić w księgarni internetowej **sklep.wsip.pl**

WSiP WYDAWNICTWA SZKOLNE i PEDAGOGICZNE | wsip.pl | infolinia: 801 220 555