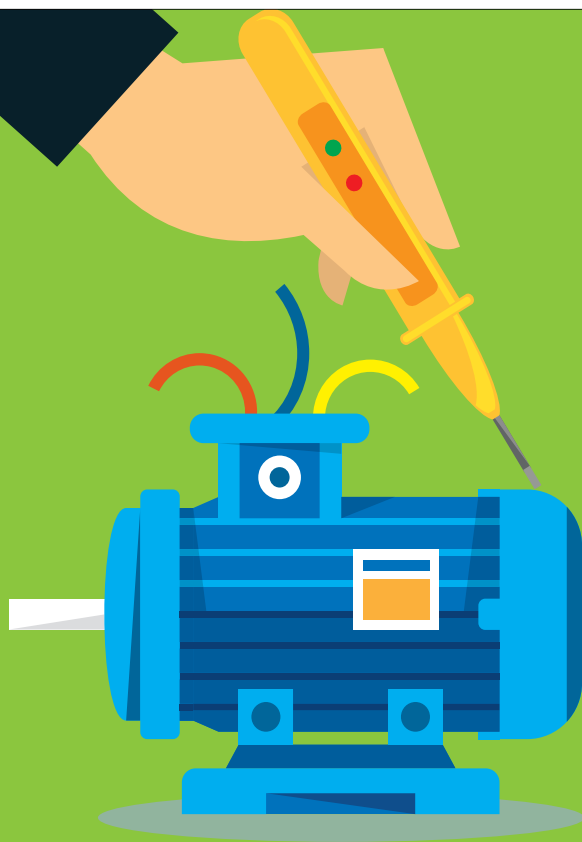


PRAKTYCZNA NAUKA ZAWODU



NOWA PODSTAWA  
PROGRAMOWA

# Pracownia

maszyn i urządzeń  
elektrycznych



Kwalifikacja **E.7**  
TECHNIK ELEKTRYK I ELEKTRYK

Branża elektroniczna, informatyczna  
i elektryczna

**2016**  
Zapowiedź

# Nowy podręcznik



# 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)



Konservacja maszyn i urządzeń elektrycznych (E.7.2)



Instalowanie urządzeń elektronicznych (E.6.1)



Konservacja instalacji urządzeń elektronicznych (E.6.2)



PDG w branży elektronicznej, elektrycznej i informatycznej

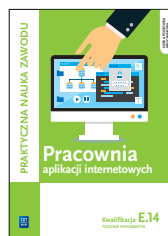


BHP w branży elektrycznej

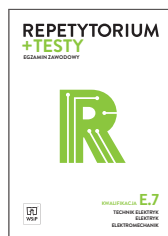
## Publikacje do praktycznej nauki zawodu



Pracownia maszyn i urządzeń elektrycznych (E.7)



Pracownia aplikacji internetowych (E.14)



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](http://sklep.wsip.pl)**



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
I PEDAGOGICZNE

wsip.pl | infolinia: 801 220 555

# Szanowni Państwo,

z przyjemnością przedstawiamy Państwu fragmenty **nowej publikacji do praktycznej nauki zawodu**. Gwarantuje ona skuteczne przygotowanie do egzaminów potwierdzających kwalifikacje w zawodzie, napisana językiem zrozumiałym dla ucznia i wzbogacona o atrakcyjny materiał ilustracyjny. Prawdziwa nowość, warta Państwa uwagi.

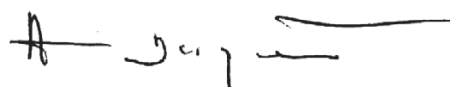
1 września 2012 roku Ministerstwo Edukacji Narodowej rozpoczęło reformę szkolnictwa zawodowego, która wprowadziła nową klasyfikację zawodów oraz ich podział na kwalifikacje. Dla wszystkich wyodrębnionych zawodów przygotowano nowe podstawy programowe. Zmieniła się także formuła egzaminu zawodowego – wprowadzono 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 naszą publikacją, prezentujemy wykaz zawartych w niej 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 naszej publikacji.

## 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



Stanisław Karasiewicz

# Pracownia

## maszyn i urządzeń elektrycznych



Kwalifikacja **E.7**

Montaż maszyn i urządzeń elektrycznych

- TECHNIK ELEKTRYK
- ELEKTRYK
- ELEKTROMECHANIK

Publikacja opracowana zgodnie z nową podstawą programową dla zawodów technik elektryk i elektryk do kształcenia w zakresie kwalifikacji E.7 (Montaż maszyn i urządzeń elektrycznych). Stanowi materiał dydaktyczny dla ucznia do praktycznej nauki zawodu do wykorzystania podczas zajęć w pracowni maszyn elektrycznych oraz przygotowujący do zdania egzaminu potwierdzającego kwalifikacje w zawodzie w zakresie kwalifikacji E.7.

© Copyright by Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne  
Warszawa 2016

ISBN 978-83-02-15811-7

Opracowanie merytoryczne i redakcyjne: **Zbigniew Dziedzic** (redaktor koordynator)  
Konsultacja merytoryczna: **mgr inż. Irena Chrząszczyk**  
Konsultacja językowa i korekta: **Andrzej Nalej**  
Projekt okładki: **Dominik Krajewski**  
Fotoedycja: **Agata Bażyńska**  
Skład i łamanie: **Shift\_Enter**

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

Publikacja, którą nabyłaś / nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegła / 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](http://www.legalnakultura.pl)  
Polska Izba Książki

Wstęp .....	4
<b>I. Ogólne informacje dotyczące maszyn elektrycznych</b>	
1.1 Zasady BHP dotyczące obsługi maszyn elektrycznych .....	6
1.2 Klasyfikacja maszyn elektrycznych .....	12
1.3 Dane umieszczone na tabliczce znamionowej .....	14
1.4 Rodzaje pracy maszyn elektrycznych .....	18
1.5 Stopnie ochrony maszyn elektrycznych .....	21
1.6 Formy wykonania maszyn elektrycznych .....	24
1.7 Wyposażenie stanowiska egzaminacyjnego dla kwalifikacji E.7 .....	29
<b>2. Maszyny prądu stałego</b>	
2.1 Podział maszyn prądu stałego .....	36
2.2 Budowa i działanie maszyn prądu stałego .....	41
2.3 Badanie prądnicy bocznikowej prądu stałego .....	49
2.4 Badanie prądnicy szeregowo-bocznikowej prądu stałego .....	57
2.5 Badanie silnika bocznikowego prądu stałego .....	66
2.6 Badanie silnika szeregowego prądu stałego .....	76
2.7 Badanie silnika szeregowo-bocznikowego prądu stałego .....	85
2.8 Uszkodzenia występujące w maszynach prądu stałego .....	100
2.9 Konserwacja maszyn prądu stałego .....	108
<b>3. Transformatory</b>	
3.1 Wiadomości wstępne o transformatrach .....	118
3.2 Budowa i zasada działania transformatorów .....	133
3.3 Autotransformatory .....	167
3.4 Przekładnik prądowy .....	175
3.5 Przekładniki napięciowe .....	183
<b>4. Maszyny indukcyjne</b>	
4.1 Klasyfikacja i zasada działania maszyn indukcyjnych .....	192
4.2 Silnik indukcyjny jednofazowy .....	207
4.3 Silnik indukcyjny pierścieniowy trójfazowy .....	233
4.4 Silnik indukcyjny asynchroniczny klatkowy trójfazowy .....	248
4.5 Typowe uszkodzenia występujące w silnikach indukcyjnych .....	264
4.6 Konserwacja i pomiary urządzeń napędowych .....	272
<b>5. Maszyny synchroniczne</b>	
5.1 Budowa i zasada działania maszyn synchronicznych .....	278
5.2 Prądnica synchroniczna .....	283
5.3 Silnik synchroniczny .....	289
5.4 Uszkodzenia maszyn synchronicznych .....	294
<b>6. Stycznikowo-przełącznikowe układy sterowania</b>	
6 Stycznikowo-przełącznikowe układy sterowania .....	300
<b>7. Półprzewodnikowe przyrządy mocy i układy energoelektroniczne</b>	
7.1 Półprzewodnikowe przyrządy mocy .....	332
7.2 Zastosowanie i podział układów energoelektronicznych .....	351
7.3 Prostowniki AC/DC .....	353
7.4 Przetworniki DC/DC .....	360
7.5 Falowniki DC/AC .....	367
7.6 Przekształtniki AC/AC .....	375
Klucz odpowiedzi do testów .....	381
Literatura .....	382

## WSTĘP

Publikacja **Pracownia maszyn elektrycznych** została opracowana, aby pomóc uczniom opanować **praktyczne umiejętności** związane z budową, zastosowaniem, montażem i eksploatacją maszyn i urządzeń elektrycznych.

Publikacja składa się głównie z **zadań, ćwiczeń, przykładów zastosowań i kart pracy** służących opanowaniu kompetencji praktycznych określonych przez nową podstawę programową w efektach kształcenia dla zawodu technik elektryk, elektromechanik i elektryk w zakresie **kwalifikacji E.7 (Montaż i konserwacja maszyn i urządzeń elektrycznych)**.

Struktura każdego z **tematów** obejmuje między innymi elementy takie jak:

- wprowadzenie teoretyczne do tematu (krótkie powtórzenie wiadomości);
- zestaw ćwiczeń, zadań, przykładów i kart pracy;
- test do samoewaluacji wiedzy i kompetencji;
- zadania praktyczne (ze wskazówkami rozwiązań) sprawdzające opanowanie określonych umiejętności.

**Pracownia maszyn elektrycznych** umożliwia nie tylko opanowanie umiejętności zdefiniowanych w **nowej podstawie programowej**, ale również skuteczne przygotowanie się do **części praktycznej egzaminu zawodowego** w zakresie kwalifikacji E.7. Przykłady, zadania i ćwiczenia zostały opracowane zgodnie z obecnie obowiązującą nową podstawą programową.

W publikacji uczeń znajdzie również zagadnienia łączące się z ćwiczonymi umiejętnościami i kompetencjami, np. zasady BHP obowiązujące w pracowni elektrycznej, klasyfikacja maszyn elektrycznych, dane na tabliczce znamionowej, stopnie ochrony maszyn elektrycznych, budowa i zasady działania maszyn i urządzeń elektrycznych (maszyny prądu stałego, transformatory, maszyny indukcyjne, maszyny synchroniczne, maszyny komutatorowe prądu przemiennego), układy sterowania stycznikowo-przełącznikowe, odbiorniki energii elektrycznej, tyrystorowe układy napędowe oraz półprzewodnikowe przyrządy mocy.



# I. Ogólne informacje dotyczące maszyn elektrycznych

- Zasady BHP dotyczące obsługi maszyn elektrycznych
- Klasyfikacja maszyn elektrycznych
- Dane umieszczone na tabliczce znamionowej
- Rodzaje pracy maszyn elektrycznych
- Stopnie ochrony maszyn elektrycznych
- Formy wykonania maszyn elektrycznych
- Wyposażenie stanowiska egzaminacyjnego dla kwalifikacji E.7

## 1.1

# Zasady BHP dotyczące obsługi maszyn elektrycznych

## Wprowadzenie

### Podstawy prawne dotyczące kwestii związanych z BHP:

1. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (DzU z 2012 r., poz. 59).
2. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (DzU z 2013 r., poz. 1409).
3. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (DzU, 04.204.2087).
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie szczególnych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (DzU nr 84, poz. 828, 2003 r.).
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (DzU nr 169, poz. 1650).
6. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 15 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla sprzętu elektrycznego (DzU nr 259, poz. 2172, 2005 r.).
7. Rozporządzenie Ministra Przemysłu z dnia 8 października 1990 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać urządzenia elektroenergetyczne w zakresie ochrony przeciwporażeniowej (MP z 1990 r. nr 81, poz. 473).
8. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej w sprawie rodzajów prac, które powinny być wykonywane przez co najmniej dwie osoby (DzU nr 62, poz. 288).
9. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (DzU z 2013 r., poz. 492).
10. Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 28 kwietnia 2003 r., w sprawie szczególnych zasad stwierdzania posiadania kwalifikacji przez osoby zajmujące się eksploatacją urządzeń, instalacji i sieci (DzU nr 89, poz. 828).

**2.3. Wymagania Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 28 marca 2013 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych (DzU z 2013, poz. 492), (część dotycząca urządzeń, instalacji i sieci elektroenergetycznych).** Na podstawie art. 23715 § 2 Ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeks pracy (DzU z 1998 r. nr 21, poz. 94, z późn. zm.) zarządza się, co następuje:

- § 4.1. Prace eksploatacyjne należy prowadzić zgodnie z instrukcjami eksploatacji zawierającymi w szczególności:
- 1) charakterystykę urządzeń energetycznych;
  - 2) opis w niezbędnym zakresie układów automatyki, pomiarów, sygnalizacji, zabezpieczeń i sterowań;
  - 3) zestaw rysunków, schematów i wykresów z opisami zgodnymi z obowiązującym nazewnictwem;
  - 4) opis czynności związanych z uruchomieniem, obsługą w czasie pracy i zatrzymaniem urządzenia energetycznego w warunkach normalnej pracy tego urządzenia;
  - 5) zasady postępowania w razie awarii oraz zakłóceń w pracy urządzenia;
  - 6) wymagania w zakresie konserwacji, napraw, remontów urządzeń energetycznych oraz terminy przeprowadzania przeglądów, prób i pomiarów;
  - 7) wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy i przepisów przeciwpożarowych dla danej grupy urządzeń energetycznych, obiektów oraz wymagania kwalifikacyjne dla osób zajmujących się eksploatacją danego urządzenia;
  - 8) identyfikację zagrożeń dla zdrowia i życia ludzkiego oraz dla środowiska naturalnego związanych z eksploatacją danego urządzenia energetycznego;
  - 9) organizację prac eksploatacyjnych;
  - 10) wymagania dotyczące środków ochrony zbiorowej lub indywidualnej, zapewnienia asekuracji, łączności oraz innych technicznych lub organizacyjnych środków ochrony stosowanych w celu ograniczenia zagrożenia zawodowego, zwanych dalej środkami ochronnymi.

Do prawidłowej eksploatacji maszyn elektrycznych należą:

1. Właściwy stan techniczny:
  - przeglądy techniczne,
  - obsługi techniczne,
  - naprawy,
  - konserwacje.

## 2. Obsługa:

- smarowanie,
- regulacje,
- konserwacje,
- czyszczenie.

## 3. Ochrona indywidualna:

- zgodna z zaleceniami producenta.

## 4. Bezpieczne zachowania:

- szkolenia,
- instrukcje BHP,
- nadzór.

Dokumentacja maszyny powinna zawierać informację o:

- danych technicznych maszyny,
- przygotowaniu maszyny do pracy,
- przeznaczeniu maszyny,
- obsłudze maszyny zgodnie z zasadami BHP,
- konserwacji maszyny i zakresie oraz terminach przeglądów,
- postępowaniu w przypadku stwierdzenia usterek.

Zakres oględzin dokonywanych wzrokowo obejmuje sprawdzenie:

- tabliczki znamionowej urządzenia;
- stanu przewodu zasilającego i wtyczki;
- stanu obudowy;
- działania elementów mechanicznych, wyłączników, regulatorów, blokad;
- śrub obudowy;
- osłon i uszczelnień;
- otworów wentylacyjnych.

Zakres oględzin **wewnętrznych** (wymagających częściowego rozkręcenia) dokonywanych wzrokowo obejmuje sprawdzenie:

- zamocowania przewodu zasilającego, trwałości styków łączeniowych wewnątrz urządzeń i wtyczki;
- stanu przewodu ochronnego PE oraz jego połączeń i zacisków ochronnych;
- zamocowań i styków wszystkich elementów wchodzących w skład obwodu elektrycznego urządzenia;
- komutatora i szczotek;
- uzwojenia wirnika i stojana;
- łożysk, układów mechanicznych, elementów wentylacyjnych.

*Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 października 2008 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla maszyn (DzU nr 199, poz. 1228) odnosi się do wymienionych niżej kwestii dotyczących maszyn elektrycznych.*

Projekt maszyny powinien uwzględniać:

- brak samodzielnego uruchomienia się maszyny;
- brak niekontrolowanej zmiany parametrów maszyny;
- bezwarunkowe zatrzymanie maszyny w sytuacjach awaryjnych;
- brak możliwości odpadnięcia części lub elementu podczas pracy;
- brak zakłócenia przy automatycznym lub ręcznym zatrzymaniu części ruchomych maszyny;
- gwarancję skutecznej ochrony przez urządzenia ochronne;
- gwarancję działania spójnego w całym zespole maszyn układu sterowania.

Urządzenia sterujące powinny być:

- wyraźnie widoczne, oznaczone piktogramami i identyfikowane;
- rozmieszczone w sposób zapewniający bezpieczną obsługę;
- zaprojektowane tak, aby ich kierunek ruchu był zgodny z wywołanym skutkiem;
- umiejscowione poza strefami niebezpiecznymi, z wyjątkiem urządzeń do zatrzymywania awaryjnego.

Instrukcja obsługi maszyny powinna zawierać następujące informacje:

- deklarację zgodności WE, wskazującą szczegółowe dane dotyczące maszyny;
- ogólny opis maszyny;
- rysunki, schematy, opisy i objaśnienia niezbędne do użytkowania, konserwacji i naprawy maszyny oraz sprawdzenia prawidłowości jej działania;
- opis stanowiska lub stanowisk pracy, które mogą zajmować operatorzy;

## 1.2

## Klasyfikacja maszyn elektrycznych

## Wprowadzenie

Przyjęto podział maszyn elektrycznych z uwzględnieniem kilku kryteriów.

1. Podział maszyn w zależności od rodzaju energii wydawanej i pobieranej:

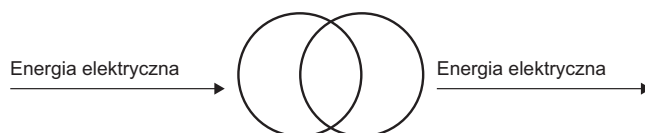
- prądnice (przetwarzają energię mechaniczną na energię elektryczną),



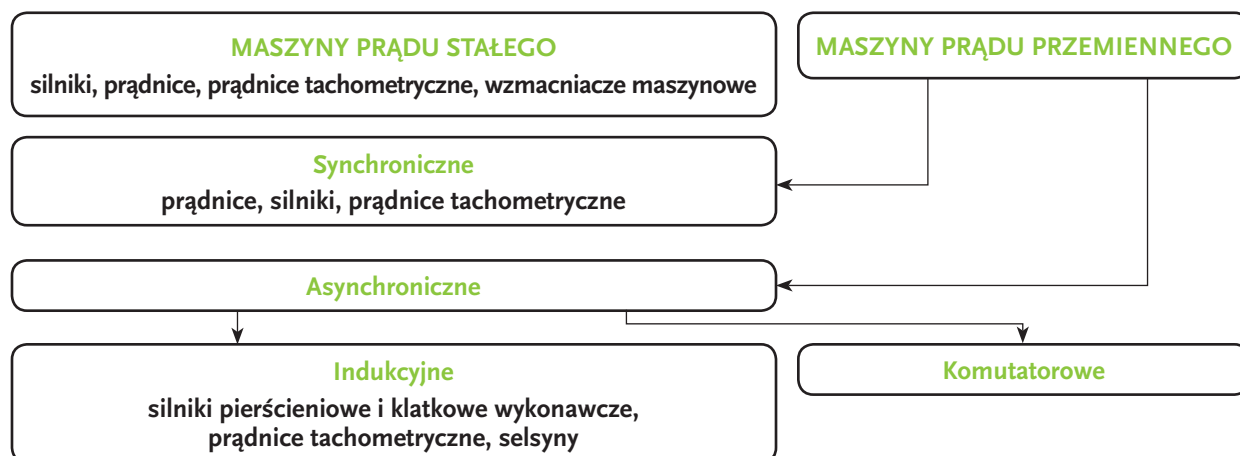
- silniki (przetwarzają energię elektryczną na energię mechaniczną),



- przetwornice maszynowe, układy przetwornikowe, transformatory (przetwarzają energię elektryczną na energię elektryczną o innych parametrach).



2. Podział maszyn w zależności od rodzaju prądu i zasady działania



3. Znamionowe napięcie zasilające  $U_N$ :

- maszyny i urządzenia prądu stałego: 6, 12, 24, 48, 72, 96, 110, 220, 440 V dla silników (dla prądnic napięcie znamionowe jest o 5% większe);
- maszyny i urządzenia prądu przemiennego: 6, 12, 24, 48, 110, 120, 230, 400, 690, 1000, 3000, 6000 V dla silników (dla prądnic napięcie znamionowe jest o 5% większe).

4. Znamionowe moce silników małej mocy w W:

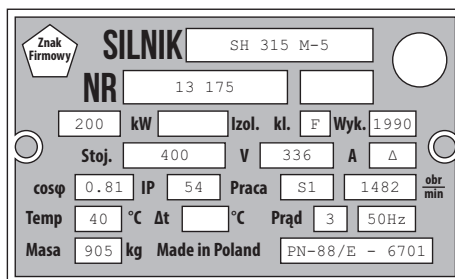
- 1; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120; 180; 250; 370; 550; 750; 1100; 1500; 2200; 3000.

5. Prędkość obrotowa w obr./min:

- silniki prądu przemiennego i uniwersalne:  
375, 500, 600, 750, 1000, 1500, 3000, 4000, 6000, 10 000, 12 000, 15 000, 18 000, 20 000, 24 000;
- silniki prądu stałego:  
400, 500, 600, 750, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10 000, 12 000, 15 000, 20 000, 22 000, 30 000, 40 000, 60 000.

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

## ZADANIE 1.



Odszukaj na tabliczce znamionowej silnika wartość znamionową prędkości obrotowej.

## ZADANIE 2.

Jakiego silnika dotyczy tabliczka znamionowa ze względu na liczbę faz?

---



---



---



---

## ZADANIE 3.

Uzupełnij zdania:

Urządzenie przetwarzające pewien rodzaj energii o określonych parametrach na ten sam rodzaj energii o innych parametrach to \_\_\_\_\_.

Amplidyna jest to maszyna należąca do rodziny maszyn prądu \_\_\_\_\_.

## ZADANIE 4.

Jaka jest różnica w interpretacji między wielkością prędkości obrotowej podanej na tabliczce znamionowej (patrz rysunek) a prędkością podaną przy podziale maszyn elektrycznych wirujących ze względu na prędkość obrotową – 1500 obr./min?

---



---



---



---

## ZADANIE 5.

Podaj przykłady zastosowania selsynów w układach sterowania.

---



---



---



---

## ZADANIE 6.

Skorzystaj z internetu i wyszukaj producentów transformatorów energetycznych.

---



---



---



---





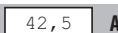


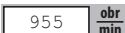






## 1.3

## Dane umieszczone na tabliczce znamionowej

## Wprowadzenie

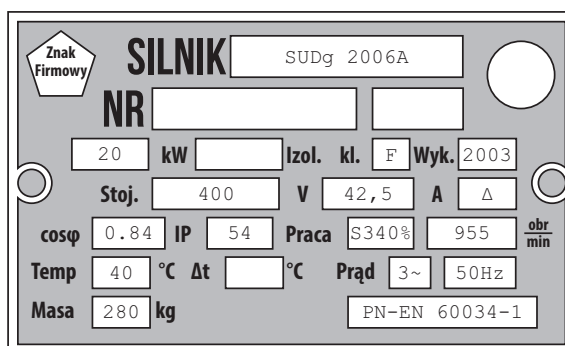
Obowiązująca w Polsce norma unijna PN-EN 60034-1:2005 stawia producentom maszyn elektrycznych wirujących wymóg umieszczania na wytwarzanych urządzeniach tabliczki znamionowej, informującej o danych technicznych i eksploatacyjnych urządzenia.

Dane zawarte na tabliczce powinny zawierać:

1. nazwę producenta, → 
2. oznaczenie typu, numer fabryczny lub/i rok wykonania, → 
3. moc znamionową, → 
4. napięcie znamionowe, → 
5. prąd znamionowy, → 
6. rodzaj prądu, → 
7. częstotliwość znamionową i liczbę faz, → 
8. prędkość znamionową, → 
9. klasę ciepłoodporności izolacji lub dopuszczalny przyrost temperatury, → 
10. współczynnik mocy dla maszyn prądu przemiennego, → 
11. dla maszyn indukcyjnych pierścieniowych – napięcie między pierścieniami ślizgowymi przy otwartym obwodzie i prąd wirnika w warunkach znamionowych,
12. stopień ochrony, → 
13. normę, na podstawie której wykonano maszynę, → 
14. masę urządzenia, → 
15. klasę izolacji, → 

## ! UWAGA

Wszystkie te dane znamionowe, które nie zostały umieszczone na tabliczce, oraz informacje dodatkowe podaje się w katalogach silników.



Rys. 1.3.1. Tabliczka znamionowa maszyny elektrycznej wirującej



**SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI****ZADANIE 1.**

Wyjaśnij, na czym polega rodzaj pracy oznaczony na tabliczce znamionowej symbolem S340%?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 2.**

Z jaką wielkością jest związana klasa izolacji F silnika?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 3.**

Symbol Dy umieszczony na tabliczce znamionowej transformatora oznacza, że uzwojenie pierwotne jest skojarzone w \_\_\_\_\_, a uzwojenie wtórne w \_\_\_\_\_.

**ZADANIE 4.**

Skorzystaj z danych umieszczonych na tabliczce znamionowej i oblicz sprawność znamionową silnika elektrycznego.

---

---

---

---

---

**ZADANIE 5.**

Czy silnik, którego tabliczkę znamionową pokazano na rysunku 1.3.1, może być wykorzystany do napędu urządzenia na wolnym powietrzu? Uzasadnij odpowiedź.

---

---

---

---

---

**ZADANIE 6.**

Jakiej wielkości tolerancję napięcia GN (w woltach) przewidziano dla transformatora jw.?

---

---

---

---

---





## 1.4

## Rodzaje pracy maszyn elektrycznych

## Wprowadzenie

Tabela 1.4.1. Rodzaje pracy maszyn elektrycznych

	Wykres obciążenia	Opis rodzaju pracy maszyny
S1		<b>Praca ciągła</b> – praca ze stałym obciążeniem, trwającym do osiągnięcia stanu równowagi cieplnej. Przyrosty temperatury czynnych części maszyny nie większe niż 2°C w ciągu godziny.
S2		<b>Praca dorywcza</b> – praca ze stałym obciążeniem trwającym krócej niż czas potrzebny do osiągnięcia równowagi cieplnej, oraz następującym później postojem trwającym tak długo, aż maszyna stanie się zimna. Znormalizowany czas pracy wynosi: 10, 30, 60 i 90 minut.
S3		<b>Praca okresowa przerywana</b> – praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy. Każdy z tych okresów obejmuje czas pracy ze stałym obciążeniem i czas postoju. Dla tego rodzaju pracy względny czas pracy wynosi: 15, 25, 40 i 60 minut.
S4		<b>Praca okresowa przerywana z rozruchem</b> – praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje znaczący (ze względów cieplnych) czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym i czas postoju.
S5		<b>Praca okresowa przerywana z hamowaniem elektrycznym</b> – praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas rozruchu, czas pracy z obciążeniem stałym, czas hamowania elektrycznego i czas postoju.
S6		<b>Praca okresowa długotrwała z przerywanym obciążeniem</b> – praca z następującymi po sobie identycznymi okresami pracy, z których każdy obejmuje czas pracy z obciążeniem stałym i czas pracy przy biegu jałowym. W tym przebiegu nie występuje czas postoju.



## 1.6

## Formy wykonania maszyn elektrycznych

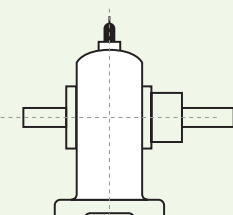
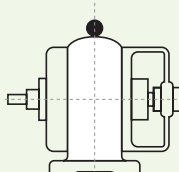
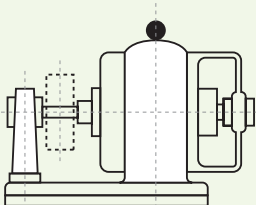
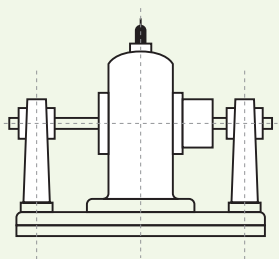
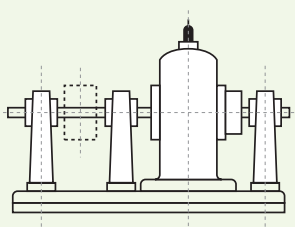
### Wprowadzenie

#### Formy wykonania maszyn elektrycznych

Oznaczenia form wykonania maszyn elektrycznych obejmują:

- konstrukcję przystosowania do mocowania,
- położenie osi,
- wykonanie czopów końcowych wału.

Tabela 1.6.1. Formy wykonania maszyn elektrycznych

Rysunki form wykonania maszyn elektrycznych	Symbol	Opis formy wykonania maszyn elektrycznych
	IM5401	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie bez łożysk
	IM1001	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie o dwóch łożyskach umieszczonych w tarczach łożyskowych
	IM6010	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie z trzecim łożyskiem umieszczonym w stojaku
	IM7211	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie o dwóch łożyskach umieszczonych w stojakach
	IM7510	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie o trzech łożyskach umieszczonych w stojakach

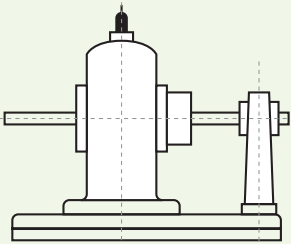
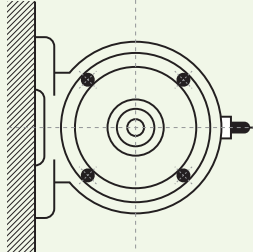
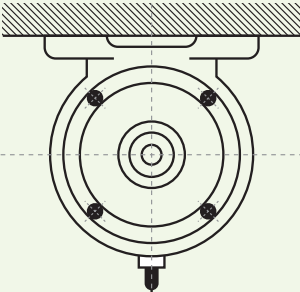
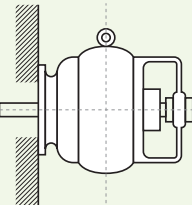
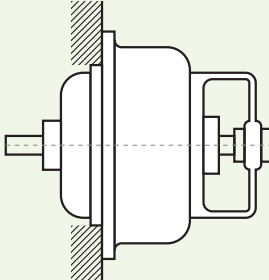
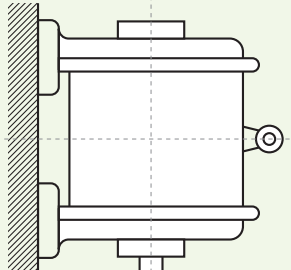
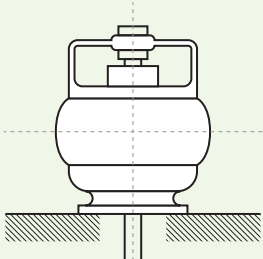
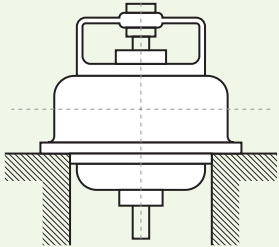
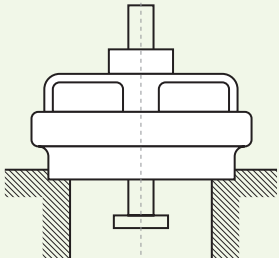
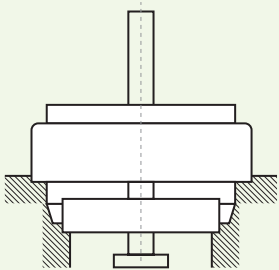
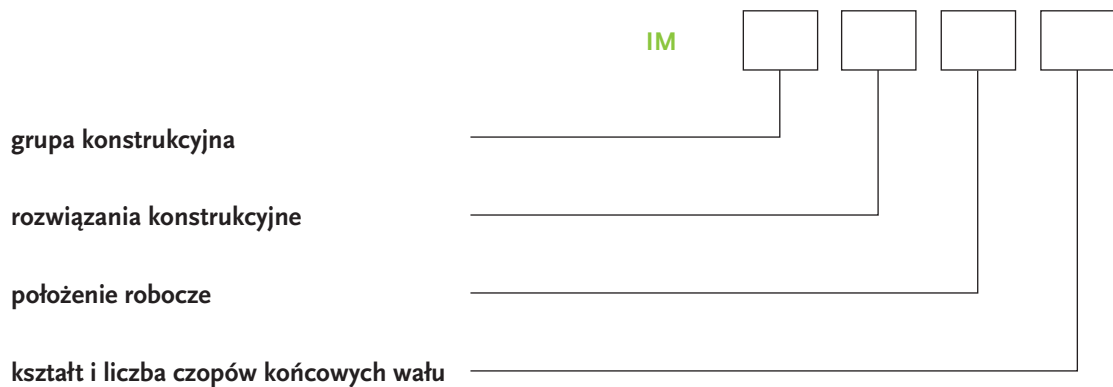
Rysunki form wykonania maszyn elektrycznych	Symbol	Opis formy wykonania maszyn elektrycznych
	IM7011	maszyna o wale poziomym ustawiona na poziomej płycie o jednym łożysku umieszczonym w stojaku
	IM1051	maszyna o wale poziomym przymocowana za pomocą łap do ściany pionowej
	IM1071	maszyna o wale poziomym przymocowana za pomocą łap do płyty poziomej od tyłu
	IM4001	maszyna o wale poziomym przymocowana za pomocą kołnierza połączonego z tarczą łożyskową
	IM9101	maszyna o wale poziomym przymocowana za pomocą kołnierza połączonego z kadłubem
	IM1011	maszyna o wale pionowym przymocowana za pomocą łap do ściany pionowej

Tabela 1.6.1. Formy wykonania maszyn elektrycznych

Rysunki form wykonania maszyn elektrycznych	Symbol	Opis formy wykonania maszyn elektrycznych
	IM4011	maszyna o wale pionowym przymocowana za pomocą kołnierza połączonego z tarczą łożyskową
	IM9111	maszyna o wale pionowym przymocowana za pomocą kołnierza połączonego z kadłubem
	IM8425	maszyna o wale pionowym i łożysku wzdłużnym umieszczonym powyżej wirnika
	IM8225	maszyna o wale pionowym i łożysku wzdłużnym umieszczonym poniżej wirnika

Symbol literowo-cyfrowy oznacza formę wykonania i składa się z symbolu literowego IM (International Mounting) oraz następujących po nim czterech cyfr (patrz tabela):





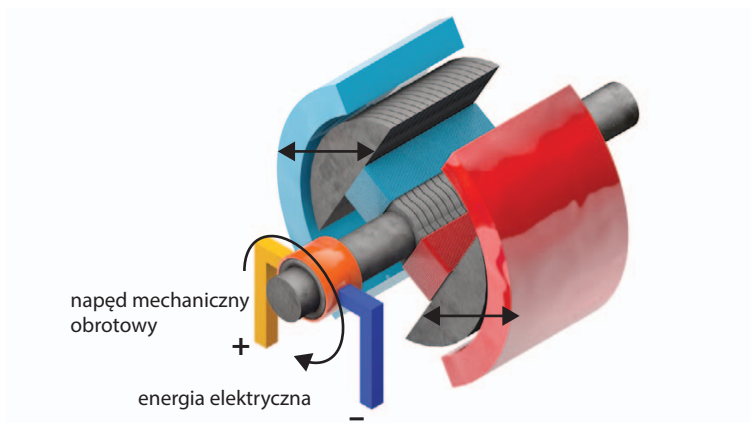
## 2.1

## Podział maszyn prądu stałego

## Wprowadzenie

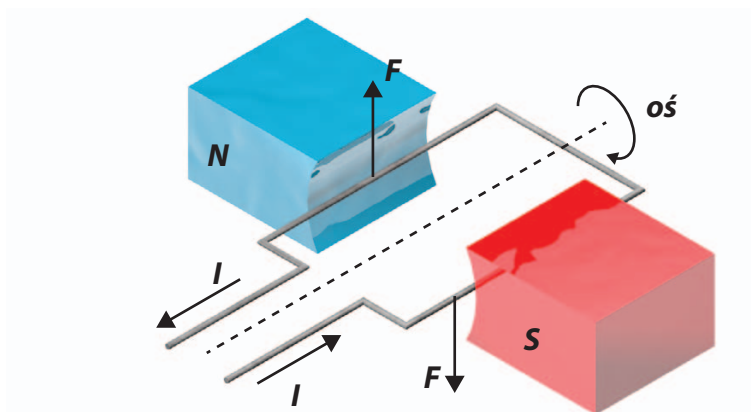
Maszyny prądu stałego dzieli się ze względu na sposób przetwarzania mocy:

- Jeżeli w maszynie jest przetwarzana moc mechaniczna na moc elektryczną, to mamy do czynienia z prądnicą.



Rys. 2.1.1. Model prądnicy

- Jeżeli w maszynie jest przetwarzana moc elektryczna na moc mechaniczną, to mamy do czynienia z silnikiem.

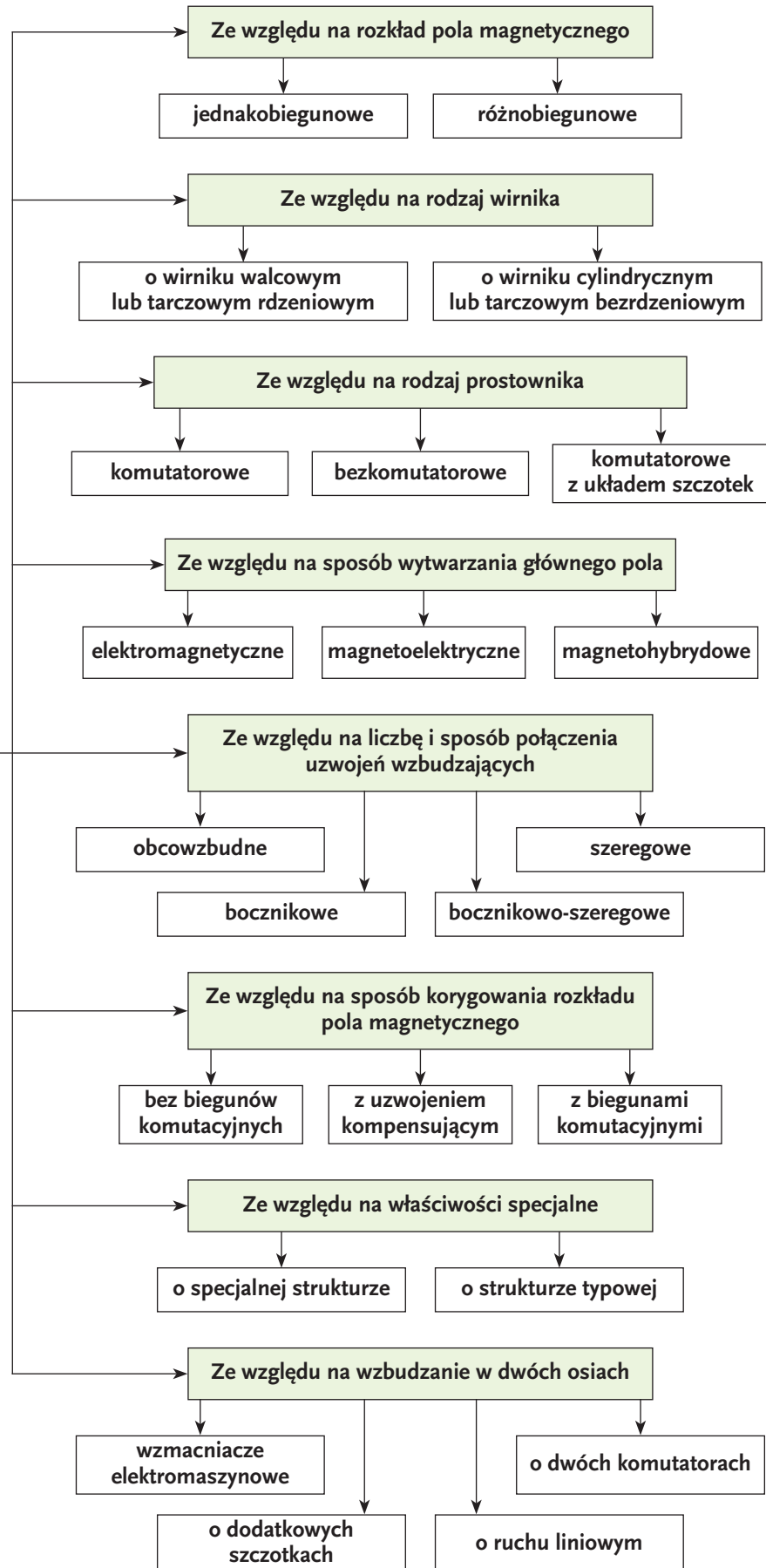


Rys. 2.1.2. Model silnika elektrycznego



Podział maszyn prądu stałego

**KRYTERIA  
PODZIAŁU  
MASZYN  
ELEKTRYCZNYCH**



## Oznaczenia wyprowadzeń uzwojeń maszyn prądu stałego (PN-88/E-06708)

Tabela 2.1.1. Oznaczenia wyprowadzeń uzwojeń

Uzwojenie	Oznaczenie wyprowadzeń	
	Początek	Koniec
twornika	A1	A2
biegunów zwrotnych	B1	B2
biegunów zwrotnych dwusekcyjnych (połączonych po obu stronach twornika) z czterema wyprowadzeniami	1B1 2B1	1B2 2B2
kompensacyjne	C1	C2
kompensacyjne dwusekcyjne (połączone po obu stronach twornika) z czterema wyprowadzeniami	1C1 2C1	1C2 2C2
wzbudzenia szeregowo	D1	D2
wzbudzenia bocznikowe	E1	E2
wzbudzenia zasilane z obcego źródła	F1	F2
wzbudzenia zasilane z obcego źródła, przeznaczone do szeregowo-bocznikowego łączenia, z czterema wyprowadzeniami	F1 F5	F2 F6
dodatkowe w osi podłużnej	H1	H2
dodatkowe w osi poprzecznej	I1	I2

Literowe oznaczenie maszyn prądu stałego oraz silników komutatorowych prądu przemiennego

**PIERWSZA LITERA**  
– funkcja maszyny –

A – prądnica prądu stałego,  
P – silnik prądu stałego,  
U – silnik komutatorowy uniwersalny,  
K – silnik komutatorowy prądu przemiennego 1-f,  
C – silnik komutatorowy prądu przemiennego 3-f.

**DRUGA LITERA**  
– cechy twornika –

R – twornik na wirniku konwencjonalnym, jednolite jarzmo stojana,  
S – twornik na wirniku konwencjonalnym, blachowane jarzmo stojana,  
A – twornik na wirniku bezżłobkowym z rdzeniem,  
B – wzbudzenie za pomocą magnesów trwałych,  
T – twornik w postaci wirnika tarczowego.

**TRZECIA LITERA**  
– cechy wzbudzenia –

S – szeregowo,  
B – bocznikowe,  
C – szeregowo z dozwojeniem bocznikowym,  
A – bocznikowe z dozwojeniem szeregowym,  
O – obcowzbudne,  
M – wzbudzenie za pomocą magnesów trwałych,  
G – szeregowo ze wzbudzeniem obcym,  
D – obcowzbudne z dozwojeniem szeregowym,  
H – bocznikowe z dozwojeniem obcym.

**CZWARTA LITERA**  
– cechy dodatkowe –

K – maszyna z uzwojeniem kompensacyjnym,  
Z – bez uzwojenia kompensacyjnego, z biegunami komutacyjnymi,  
O – bez uzwojenia kompensacyjnego i biegunów komutacyjnych,  
E – maszyna z uzwojeniem kompensacyjnym skupionym,  
N – maszyna bez uzwojenia kompensacyjnego i z niepełną liczbą biegunów zwrotnych,  
S – maszyna ze szczotkami, lecz bez uzwojenia kompensacyjnego.

**SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI**

**ZADANIE 1.**

Wyjaśnij, dlaczego komutator nazywa się też prostownikiem mechanicznym.

---



---



---

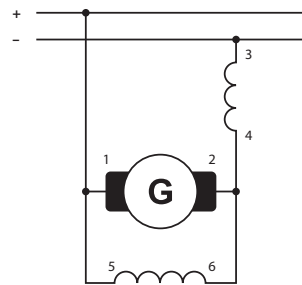


---

**ZADANIE 2.**

Na rysunku przedstawiono maszynę prądu stałego. Wpisz w puste pola nazwę poszczególnych uzwojeń i obok przedstawionych cyfr wpisz odpowiednie symbole literowe.

1 – _____	}	<input type="text"/>
2 – _____		
3 – _____	}	<input type="text"/>
4 – _____		
5 – _____	}	<input type="text"/>
6 – _____		



**ZADANIE 3.**

Jaką rolę w maszynie pełnią uzwojenia kompensujące?

---



---



---



---

**ZADANIE 4.**

Co rozumiesz pod pojęciem magnetohybrydowego sposobu wytwarzania pola magnetycznego w maszynach prądu stałego?

---



---



---



---

**ZADANIE 5.**

Jakie znaczenie ma litera A występująca w określonym typie silnika na miejscu  
 pierwszym \_\_\_\_\_  
 drugim \_\_\_\_\_  
 trzecim \_\_\_\_\_

**KARTA PRACY 1.**

Wypisz typy maszyn elektrycznych prądu stałego znajdujących się w pracowni maszyn twojej szkoły i je opisz. Skorzystaj z tabel zamieszczonych w tym rozdziale.

## PODSUMOWANIE

## TEST 4

## Zadanie 1.

W przypadku maszyny obcowzbudnej z obcego źródła zasilania zasila się uzwojenie

- A. A1 – A2.
- B. B1 – B2.
- C. E1 – E2.
- D. F1 – F2.

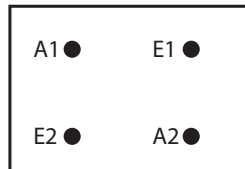
## Zadanie 2.

Litera C, określająca w maszynie rodzaj wzbudzenia, występuje w symbolu literowym silnika na miejscu

- A. pierwszym.
- B. drugim.
- C. trzecim.
- D. czwartym.

## Zadanie 3.

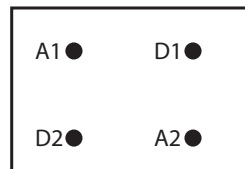
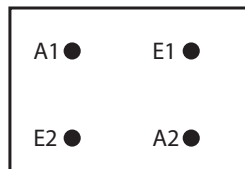
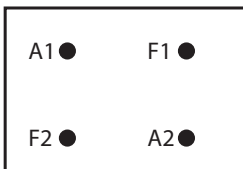
W kolejności od lewej umieszczono tabliczki zaciskowe maszyn elektrycznych



- A. szeregowo-bocznikowej, szeregowej, bocznikowej, obcowzbudnej.
- B. obcowzbudnej, bocznikowej, szeregowej, szeregowo-bocznikowej.
- C. obcowzbudnej, szeregowej, bocznikowej, szeregowo-bocznikowej.
- D. szeregowo-bocznikowej, szeregowej, bocznikowej, obcowzbudnej.

## Zadanie 4.

Silnik prądu stałego, którego symbol literowy jest zapisany jako PROZc16, powinien mieć tabliczkę zaciskową oznaczoną numerem



1

2

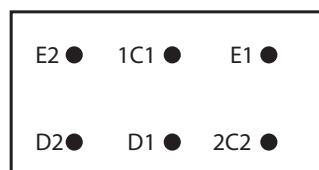
3

4

- A. 1.
- B. 2.
- C. 3.
- D. 4.

## Zadanie 5.

Tabliczka zaciskowa pokazana na rysunku to tabliczka silnika



- A. szeregowego, z uzwojeniem biegunów komutacyjnych dzielonych i uzwojeniem kompensującym dzielonym.
- B. bocznikowego, z dzielonym uzwojeniem biegunów kompensacyjnych.
- C. szeregowo-bocznikowego, z uzwojeniem komutacyjnym dzielonym i dzielonym uzwojeniem kompensującym.
- D. szeregowo-bocznikowego z dzielonym uzwojeniem biegunów kompensujących.

## 2.2

## Budowa i działanie maszyn prądu stałego

## Wprowadzenie

Maszyny prądu stałego mogą pracować w charakterze:

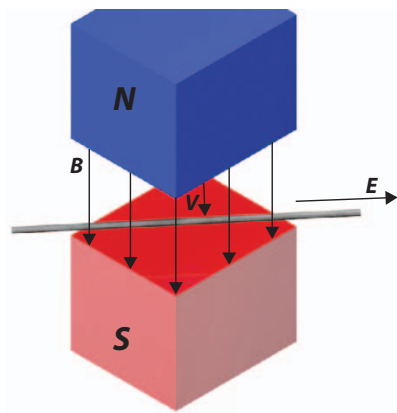
- silników – jeżeli zachodzi zamiana energii elektrycznej na mechaniczną;
- prądnic – jeżeli zachodzi zamiana energii mechanicznej na elektryczną;
- hamulców – jeżeli moment elektromagnetyczny przeciwdziała momentowi maszyny napędzanej.

Uzwojenie wzbudzenia umieszczone na stojanie maszyny zasilane prądem stałym wytwarza stałe pole magnetyczne o określonej biegunowości. Stałe pole magnetyczne można także uzyskać dzięki umieszczeniu magnesów trwałych na stojanie (stosuje się w maszynach małych mocy o specjalnym przeznaczeniu). Uzwojenie twornika jest ułożone w żłobkach wirnika.

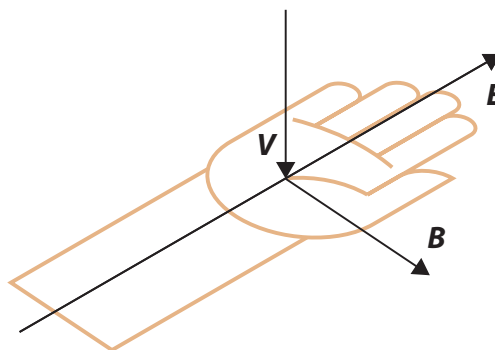
W maszynach elektrycznych można wyróżnić:

- maszynę heteropolarną (różnobiegunową) – wirujący przewodnik jest umieszczony w polu magnetycznym o różnej biegunowości,
- maszynę homopolarną (jednakobiegunową).

W przypadku prądnicy warunkiem indukowania się siły elektromotorycznej w uzwojeniach twornika jest ruch przewodnika (zwojów uzwojenia) w polu magnetycznym zgodnie z regułą prawej dłoni.



Rys. 2.2.1. Ruch przewodnika w stałym polu magnetycznym z prędkością  $V$



Rys. 2.2.2. Obraz reguły prawej dłoni

**Reguła:** Jeżeli prawą dłoń umieścimy w polu magnetycznym tak, aby wektor indukcji wchodził w dłoń, a odchylony kciuk wskazywał kierunek ruchu przewodnika, to odchylone pozostałe palce wskażą kierunek indukowanej s.em.

Przewody uzwojenia twornika poruszające się kołowo razem z wirnikiem znajdują się pod wpływem pola magnetycznego o różnej biegunowości, kolejno: N – S – N itd. co 180 stopni. W przestrzeni międzybiegunowej istnieje miejsce, w którym wartość pola wynosi zero – jest to strefa obojętna lub neutralna.

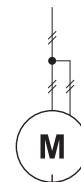
## PODSUMOWANIE

## TEST 5

## Zadanie 1.

Na rysunku został przedstawiony symbol graficzny silnika

- A. obcowzbudnego. C. bocznikowego.  
B. szeregowego. D. szeregowo-bocznikowego.



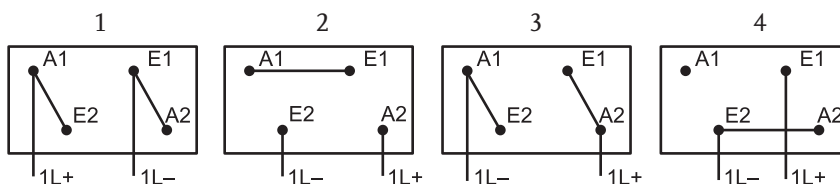
## Zadanie 2.

Symbolami literowymi F1, F2 oznacza się uzwojenie

- A. twornika. B. szeregowego. C. bocznikowe. D. obcowzbudne.

## Zadanie 3.

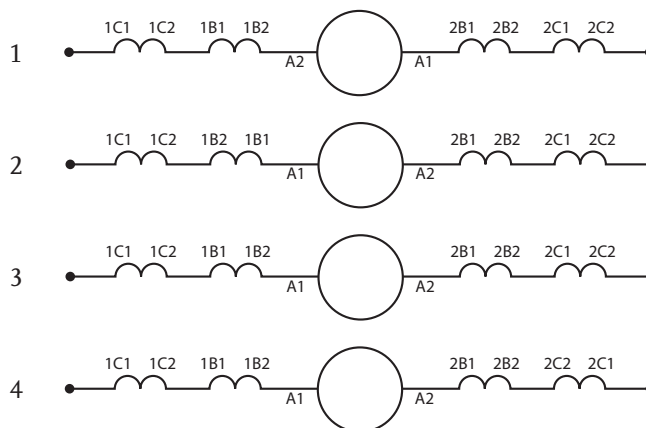
Tabliczka zaciskowa silnika prądu stałego pracującego na lewych obrotach przedstawiono na rysunku



- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

## Zadanie 4.

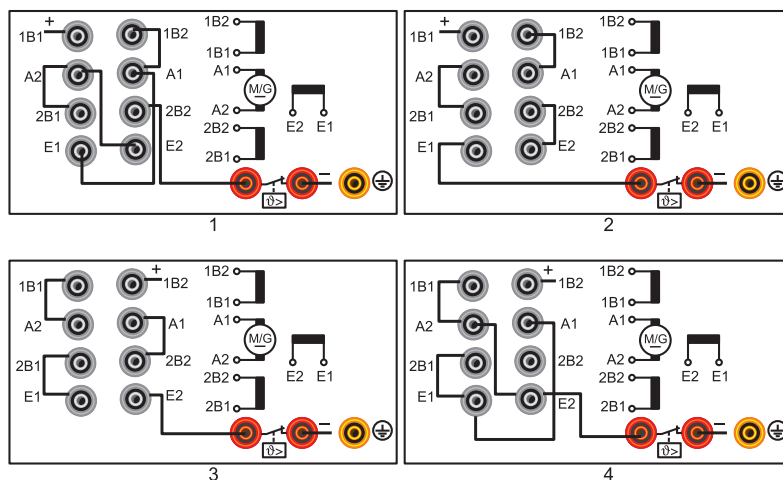
Wskaż rysunek z poprawnym rozmieszczeniem uzwojeń dzielonych połączonych z twornikiem.



- A. 1 B. 2 C. 3 D. 4

## Zadanie 5.

Dokonaj wyboru połączeń uzwojeń maszyny skojarzonej w układ silnika bocznikowego przy wykorzystaniu zabezpieczenia uzwojeń w postaci czujnika temperatury oznaczonego przez  $\vartheta$ .



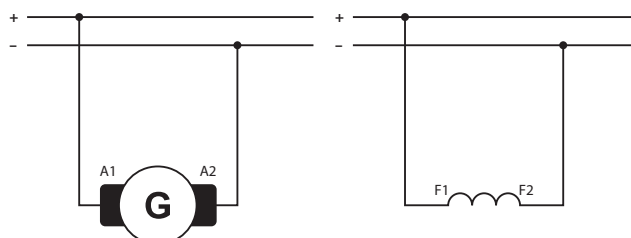
## 2.3

## Badanie prądnicy bocznikowej prądu stałego

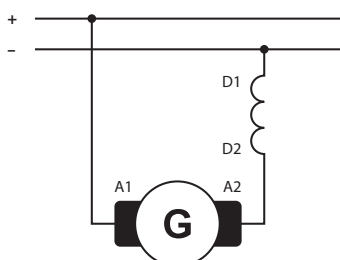
## Wprowadzenie

Prądnice prądu stałego, ze względu na sposób skojarzenia uzwojenia wzbudzenia z twornikiem, można podzielić na:

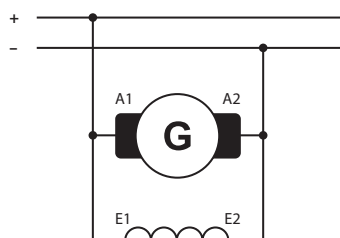
- obcowzbudne,
- szeregowe,
- bocznikowe,
- szeregowo-bocznikowe.



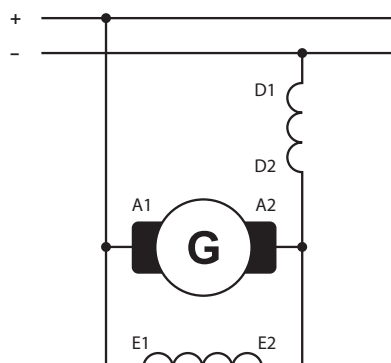
Rys. 2.3.1. Prądnica prądu stałego obcowzbudna – symbol graficzny



Rys. 2.3.2. Prądnica prądu stałego szeregową – symbol graficzny

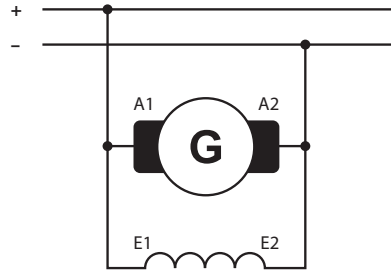


Rys. 2.3.3. Prądnica prądu stałego bocznikowa – symbol graficzny

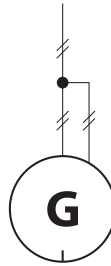


Rys. 2.3.4. Prądnica prądu stałego szeregowo-bocznikowa – symbol graficzny

Badanie prądnicy bocznikowej prądu stałego



Rys. 2.3.5. Prądnica bocznikowa prądu stałego



Rys. 2.3.6. Symbol graficzny prądnicy bocznikowej

W prądnicach bocznikowych uzwojenie wzbudzenia jest połączone równolegle w stosunku do twornika. Samowzbudzenie prądnicy zależy od wartości magnetyzmu szczątkowego.

Warunki, które muszą być spełnione przy wzbudzeniu prądnicy:

- obecność magnetyzmu szczątkowego w obwodzie wzbudzenia,
- strumień magnetyczny tworzony w uzwojeniach wzbudzenia powinien wzmacniać strumień szczątkowy,
- odpowiednia wartość rezystancji obwodu wzbudzenia,
- prędkość wirnika musi być większa niż minimalna.

Prądnica bocznikowa nie wzbudzi się, gdy:

- pole wytworzone jest skierowane przeciwnie do pola szczątkowego,
- kierunek obrotów wirnika jest niewłaściwy,
- pole szczątkowe jest zbyt małe,
- prędkość obrotowa jest niższa od prędkości krytycznej.

Część prądu wytworzonego w prądnicach jest wykorzystywana jako prąd wzbudzenia zgodnie z zależnością

$$I = I_t - I_w,$$

gdzie:

$I$  – prąd obciążenia;

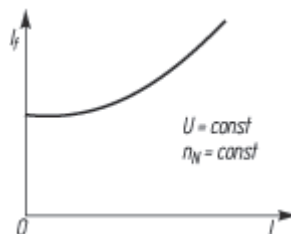
$I_t$  – prąd twornika;

$I_w$  – prąd wzbudzenia.

Podczas badania prądnicy należy określić: prędkość obrotową  $n$ ; prąd wzbudzenia  $I_w$ ; prąd obciążenia  $I$  oraz napięcie obwodu twornika  $U_t$ .

Pracę i własności prądnicy można opisać na podstawie charakterystyk:

- jałowej;  $E = f(I_w)$ , przy  $n = \text{const}$ ,
- obciążeniowej;  $U = f(I_w)$ , przy  $I = \text{const}$ ;  $n = n_N = \text{const}$ ,
- zewnętrznej;  $U = f(I)$ , przy  $R_{wz} = \text{const}$ ,  $n = n_N = \text{const}$ ,
- regulacyjnej;  $I_w = f(I)$ , przy  $U = U_N = \text{const}$ ,  $n = n_N = \text{const}$ .



Rys. 2.3.7. Charakterystyka regulacyjna prądnicy bocznikowej



Prąd maksymalny prądnicy nie przekracza 2 do 3 krotności prądu znamionowego  $I_N$ , natomiast zmienność napięcia na zaciskach twornika może wahać się w granicach od 15 do 30%, co jest spowodowane spadkiem napięcia na rezystancji twornika i biegunów komutacyjnych; oddziaływaniem twornika; obniżeniem wartości prądu wzbudzenia.

Prądnice bocznikowe są dosyć popularne ze względu na:

- łatwość wzbudzenia przy odłączonym obwodzie zewnętrznym,
- niewielki zakres zmian napięcia przy zmieniającym się obciążeniu,
- duży zakres regulacji napięcia,
- wykorzystanie do ładowania akumulatorów.

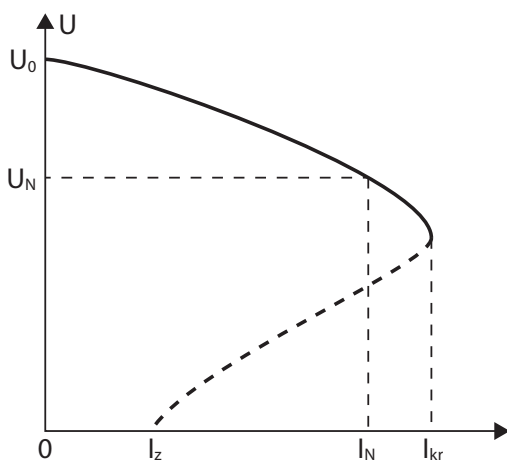
## ! UWAGA

Wartość prądu zwarcioowego  $I_z$  w prądnicy bocznikowej jest mniejsza od prądu znamionowego  $I_N$  i zależy od indukowanego w uzwojeniach twornika podczas obrotów napięcia szczytkowego  $E_{sz}$  (przy określonym magnetyzmie szczytkowym).

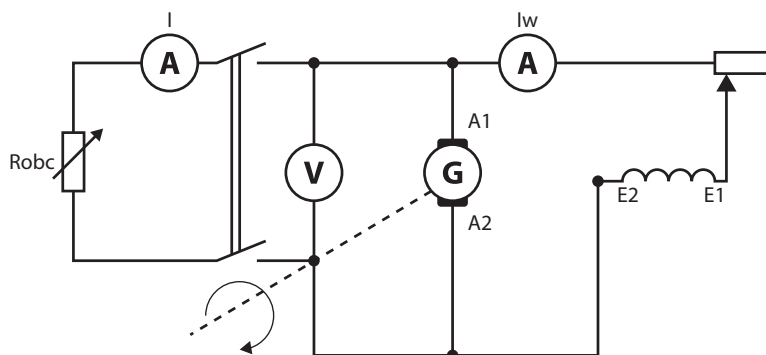
### Wyznaczanie charakterystyki zewnętrznej prądnicy bocznikowej prądu stałego

Charakterystyka zewnętrzna określa zależność napięcia na zaciskach prądnicy  $U$  od wartości prądu obciążenia  $I$ ,

$$U = f(I), \text{ przy } n = \text{const} = n_N \text{ oraz } R_w = \text{const}$$



Rys. 2.3.8. Charakterystyka zewnętrzna prądnicy bocznikowej prądu stałego



Rys. 2.3.9. Układ do pomiaru charakterystyki zewnętrznej prądnicy bocznikowej

## NOTATKI

---



---



---



---

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

## KARTA PRACY 1.

Wykonaj pomiar charakterystyki zewnętrznej prądnicy bocznikowej prądu stałego.

## PRZEBIEG POMIARU

1. Odczytaj i zapisz dane znamionowe prądnicy i silnika napędowego.
2. Połącz elementy układu zgodnie ze schematem (rys. 2.3.9).
3. Uruchom zespół napędowy prądnicy i uzyskaj znamionową prędkość kątową twornika.
4. Wyreguluj rezystancję w obwodzie wzbudzenia  $R_w$  oraz rezystancję obciążenia  $R_{obc}$  i uzyskaj napięcie na wyjściu twornika równe napięciu znamionowemu  $U_N$ , przy prądzie znamionowym  $I_N$  pobieranym przez odbiornik z prądnicy.
5. Przy stałej wartości rezystancji w obwodzie wzbudzenia zmniejszaj rezystancję odbiornika do takiej wartości, aby płynący prąd miał wartość 1,3 prądu znamionowego.
6. Po uzyskaniu wartości prądu płynącego równej 1,3  $I_N$  zwiększaj rezystancję obciążenia  $R_{obc}$  aż do całkowitego ociążenia prądnicy.
7. Wykonaj przynajmniej dziesięć pomiarów niezbędnych do narysowania charakterystyki.
8. Wyniki zapisz w tabelce.
9. Na podstawie danych z tabeli narysuj charakterystykę zewnętrzną prądnicy.

Dane odczytane z tabliczki znamionowej:

---



---



---



---



---

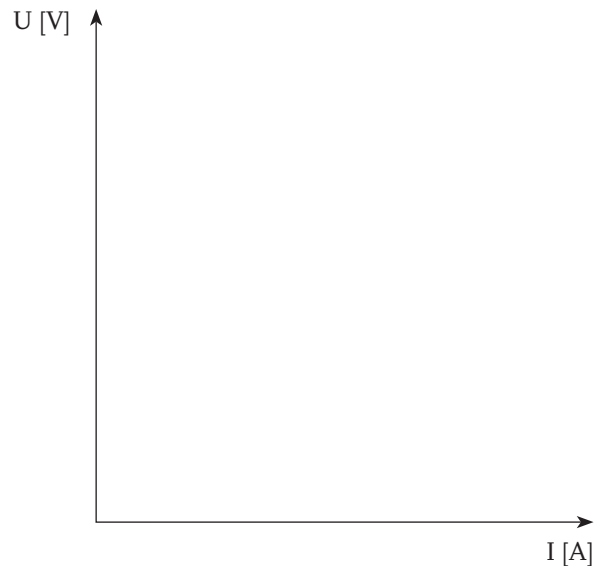


---

$n = \text{const} = \underline{\hspace{2cm}}$

Tabela 2.3.1

Lp.	U [V]	$I_w$ [A]	I [A]	Uwaga
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				



## WNIOSKI

---



---



---



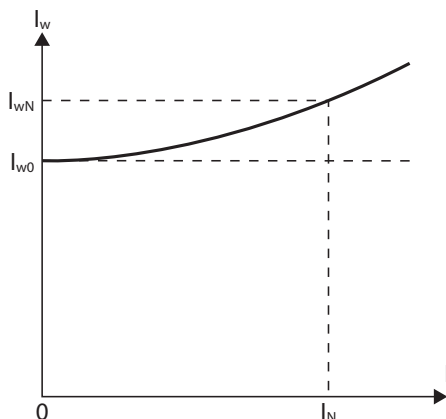
---

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

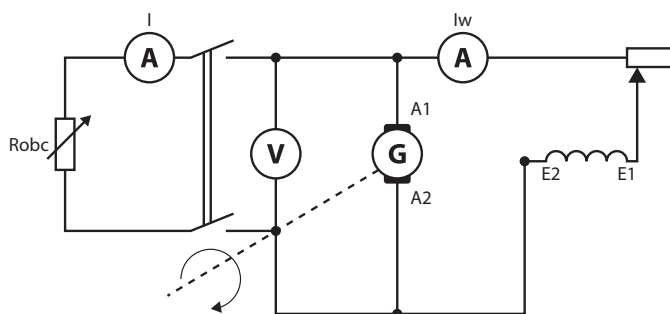
## Wyznaczanie charakterystyki regulacyjnej prądnicy bocznikowej prądu stałego

Charakterystyka regulacyjna określa zależność prądu wzbudzenia  $I_w$  od prądu obciążenia  $I$ .

$$I_w = f(I), \text{ przy } U = \text{const} = U_N \text{ oraz } n = \text{const} = n_N$$



Rys. 2.3.10. Charakterystyka regulacyjna prądnicy bocznikowej prądu stałego



Rys. 2.3.11. Układ do pomiaru charakterystyki regulacyjnej prądnicy bocznikowej

## KARTA PRACY 2.

Wykonaj pomiar charakterystyki regulacyjnej prądnicy bocznikowej prądu stałego.

## PRZEBIEG POMIARU

1. Odczytaj i zapisz dane znamionowe prądnicy i silnika napędowego.
2. Połącz elementy układu zgodnie ze schematem (rys. 2.3.11).
3. Uruchom zespół napędowy prądnicy i uzyskaj znamionową prędkość kątową twornika przy biegu jałowym.
4. Ustaw obciążenie prądnicy do wartości 1,3 prądu znamionowego  $I_N$  przy regulacji prądu wzbudzenia tak, aby napięcie na zaciskach pozostało stałe  $U = \text{const} = U_N$ .
5. Wykonaj przynajmniej dziesięć pomiarów niezbędnych do narysowania charakterystyki.
6. Wyniki zapisz w tabelce.
7. Na podstawie danych z tabeli narysuj charakterystykę regulacyjną prądnicy.

Dane odczytane z tabliczki znamionowej:

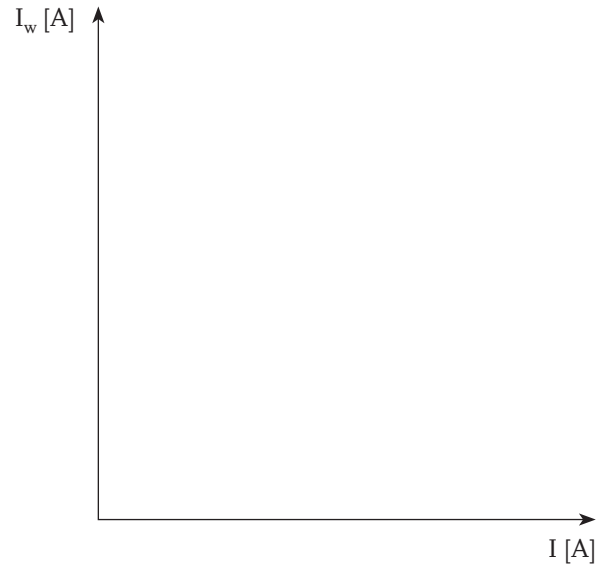

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

$$U = \text{const} = U_N = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n = \text{const} = n_N = \underline{\hspace{2cm}}$$

Tabela 2.3.2

Lp.	I [A]	I <sub>w</sub> [A]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		



## WNIOSKI

---



---



---

## ZADANIE 1.

Na czym polega samowzbudzenie się prądnicy prądu stałego?

---



---



---

## ZADANIE 2.

Jaką rolę pełni komutator w prądnicach prądu stałego?

---



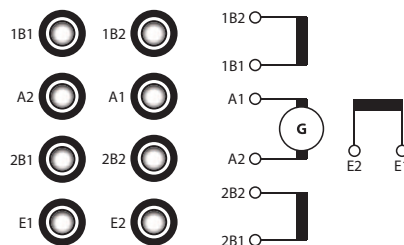
---



---

## ZADANIE 3.

Połącz zaciski na panelu dla prądnicy bocznikowej (rysunek poniżej).



## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

## ZADANIE 4.

W przypadku braku magnetyzmu szczątkowego w prądniccy należy podłączyć na chwilę \_\_\_\_\_ w celu pojawienia się pola.

## ZADANIE 5.

Na czym polega różnica między maszyną samowzbudną a obcowzbudną? Opisz zalety i wady.

---



---



---

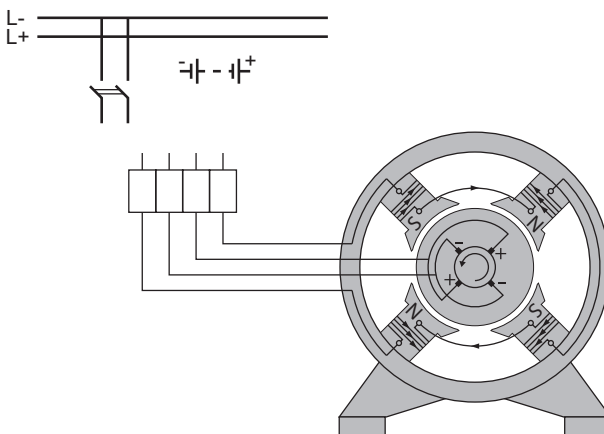
## ZADANIE 6.

Zaznacz, czy zdania są prawdziwe (P), czy fałszywe (F)

Lp.	Treść zdania	Prawda / Fałsz
1	Zbyt duża rezystancja może być powodem niewzbudzenia się prądniccy.	
2	Niewzbudzenie się prądniccy może być skutkiem niewłaściwego kierunku wirowania.	
3	Na niewzbudzenie się prądniccy ma wpływ iskrzenie na szczotkach.	
4	Brak ustawienia szczotek w strefie neutralnej może być powodem braku samowzbudzenia.	
5	Rezultatem niewłaściwego sprzężenia prądniccy z maszyną napędową jest brak samowzbudzenia się prądniccy.	

## ZADANIE 7.

Oznacz uzwojenia. Wpisz symbole do tabliczki zaciskowej oraz połącz prądnicę obcowzbudną z siecią przez nią zasilaną. Zachowaj sugerowane kierunki płynących prądów i potencjałów napięcia.



## NOTATKI

---



---



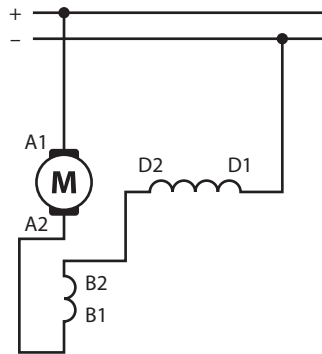
---

## 2.6

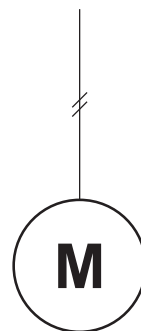
## Badanie silnika szeregowego prądu stałego

## Wprowadzenie

## Silnik szeregowy



Rys. 2.6.1. Układ połączeń silnika szeregowego prądu stałego



Rys. 2.6.2. Symbol graficzny silnika szeregowego prądu stałego

W silniku szeregowym uzwojenie wzbudzenia (D1 i D2) jest połączone szeregowo z uzwojeniem twornika (A1, A2). Prąd pobierany z sieci jest jednocześnie prądem twornika i prądem uzwojenia wzbudzenia. Wielkość strumienia magnetycznego zależy od wielkości prądu obciążenia. Wzrost momentu obciążenia jest proporcjonalny do wzrostu prądu obciążenia i wzrostu strumienia magnetycznego. W chwili rozruchu moment na wale wirnika osiąga dużą wartość, którą można opisać za pomocą wzoru

$$M = c \cdot \varphi \cdot I,$$

gdzie:

- $\varphi$  – strumień uzwojenia wzbudzenia,
- $I$  – prąd w obwodzie twornika,
- $C$  – stała zależna od konstrukcji silnika.

Prędkość obrotową silnika można wyrazić wzorem

$$n = \frac{U - I(R_t + R_w + R)}{C\varphi},$$

gdzie:

- $U$  – napięcie zasilania,
- $I$  – prąd twornika,
- $R_t$  – rezystancja uzwojenia twornika (A1, A2),
- $R_w$  – rezystancja uzwojenia wzbudzenia (D1, D2),
- $R$  – rezystancja włączona szeregowo z twornikiem,
- $\varphi$  – strumień magnetyczny uzwojenia wzbudzenia,
- $c$  – stała konstrukcyjna,



## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

## KARTA PRACY 1.

Wykonaj pomiar rezystancji uzwojeń silnika szeregowego prądu stałego.

## PRZEBIEG POMIARU

1. Połącz układ pomiarowy według schematu (do końcówek A1, B2) – rys. 2.6.3.
2. Zamknij wyłącznik pozwalający na zasilanie układu ze źródła napięcia stałego.
3. Odczytaj wskazania mierników.
4. Wyniki zapisz w tabelce.
5. Oblicz rezystancję uzwojenia zgodnie z prawem Ohma  $R = U/I$  [ $\Omega$ ].

## ! UWAGA

Podczas pomiaru rezystancji uzwojenia wzbudzenia należy postępować zgodnie z zasadą jak wyżej i podłączyć układ pomiarowy do końcówek D1, D2.

Należy wykonać minimum po trzy pomiary dla każdego uzwojenia i obliczyć średnią wyniku.

Podczas pomiaru każdego z uzwojeń za każdym razem należy dobrać zakresy mierników i wartość rezystora R. Do pomiaru wartości prądu i napięcia należy użyć mierników o ustroju magnetoelektrycznym.

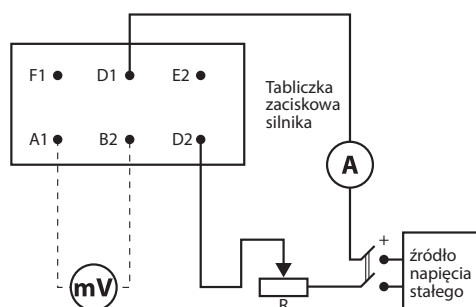
Tabela 2.6.1

Lp.	Uzwojenie A1, B2			Uzwojenie D1, D2		
	U [V]	I [A]	$R_t$ [ $\Omega$ ]	U [V]	I [A]	$R_w$ [ $\Omega$ ]
1						
2						
3						
Średnia wartość				Średnia wartość		

## WNIOSKI

## Wyznaczanie strefy neutralnej

Silnik i prądnica prądu pracują prawidłowo wtedy, gdy szczotki maszyny są ustawione w strefie neutralnej. Sposób wyznaczania strefy neutralnej przedstawia rysunek (poniżej). Do wyznaczania strefy należy użyć miliwoltomierza z zerem w środku. W czasie zamykania i otwierania wyłącznika w obwodzie twornika będzie indukowała się siła elektromotoryczna, której wartość i kierunek wskaże miliwoltomierz. W przypadku kiedy szczotki będą umieszczone w strefie neutralnej, miliwoltomierz podczas otwierania obwodu wskaże zero (kierunki s.em indukowane w poszczególnych częściach uzwojenia będą przeciwne). Dokładność metody zależy od wartości prądu płynącego w obwodzie pomiarowym.



Rys. 2.6.4. Układ do wyznaczania strefy neutralnej



## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

## KARTA PRACY 2.

Ustaw szczotki w strefie neutralnej.

## PRZEBIEG POMIARU

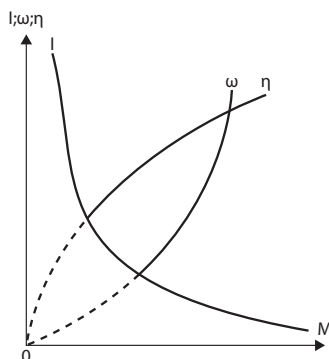
1. Połącz układ pomiarowy według schematu (do końcówek D1, D2) – rys. 2.6.4.
2. Zamknij wyłącznik pozwalający na zasilanie układu ze źródła napięcia stałego.
3. Obserwuj wskazania mierników.

## WNIOSKI

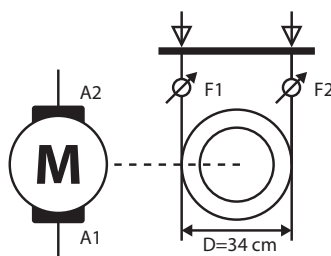
## Wyznaczanie charakterystyk mechanicznych silnika

Do wyznaczenia charakterystyki mechanicznej silnika należy sprzężać go z hamownicą stanowiącą obciążenie momentem  $M$ . Układ jest zasilany z sieci prądu stałego. Prąd płynący przez uzwojenia silnika jest mierzony przez amperomierz, napięcie zasilające jest mierzone przez woltomierz. Stałą wartość napięcia utrzymuje się za pomocą regulacji rezystora  $R$ .

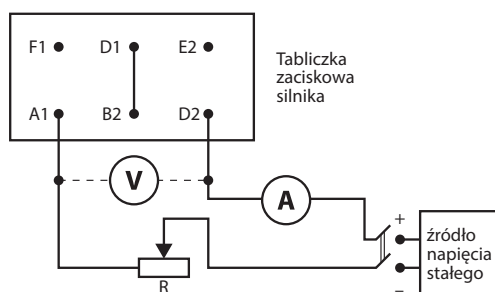
Zależności:  $I = f(M)$ ;  $\eta = f(M)$ ;  $\omega = f(M)$ ;  $P = f(M)$ ; określa się mianem charakterystyk mechanicznych silnika szeregowego.



Rys. 2.6.5. Przykładowe charakterystyki mechaniczne silnika szeregowego



Rys. 2.6.6. Układ sprzęgający wał silnika z hamownicą



Rys. 2.6.7. Układ do wyznaczenia charakterystyk mechanicznych silnika szeregowego prądu stałego

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI

**ZADANIE 3.**

Skorzystaj z tablicy symboli literowych (dział *Budowa maszyn prądu stałego* i określ rodzaj maszyny, której typ zapisano na tabliczce znamionowej PRSZb22.

---



---



---



---



---









---



---

**ZADANIE 4.**

Uzupełnij tabelę – wstaw symbole literowe uzwojeń.

Rodzaj uzwojenia	Symbol literowy
uzwojenie twornika	
uzwojenie biegunów komutacyjnych	
uzwojenie kompensacyjne	
uzwojenie szeregowo wzbudzenia	
uzwojenie bocznikowe wzbudzenia	
uzwojenie wzbudzenia obcowzbudne	

**ZADANIE 5.**

Poszukaj w przeglądarce internetowej sposobów wykorzystania silnika szeregowego.

---



---



---



---



---



---



---

**ZADANIE 6.**

Oblicz moc znamionową silnika szeregowego prądu stałego zasilanego z sieci o napięciu znamionowym 220 V, przy sprawności  $\eta = 0,87$  i pobieranym prądzie 45 A.

---



---



---



---



---



---



---

## PODSUMOWANIE

## TEST 9

## Zadanie 1.

Jaka jest zależność między prądami w silniku szeregowym (prądem pobieranym, prądem twornika, prądem wzbudzenia)?

- A.  $I \neq I_a = I_f$ .
- B.  $I = I_a \neq I_f$ .
- C.  $I = I_a = I_f$ .
- D.  $I \neq I_a \neq I_f$ .

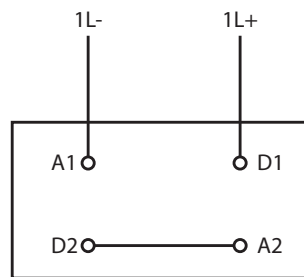
## Zadanie 2.

Na zmianę prędkości obrotowej silnika **nie ma** wpływu

- A. zmiana rezystancji w obwodzie twornika.
- B. zmiana kierunku wirowania.
- C. zmiana zasilania twornika.
- D. zmiana strumienia.

## Zadanie 3.

Wskaż maszynę prądu stałego pracującą przy obrotach w lewo, której tabliczkę zaciskową przedstawiono na rysunku (poniżej).



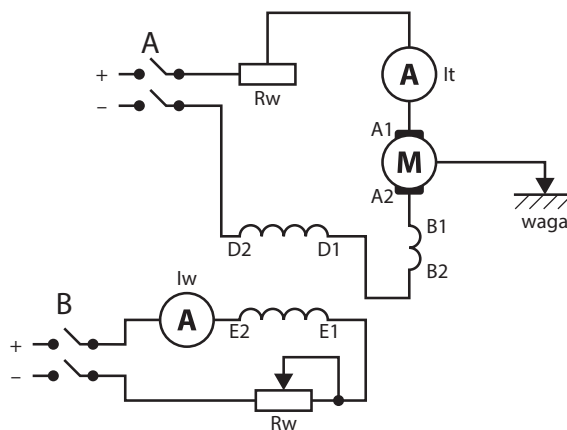
- A. Silnik obcowzbudny.
- B. Silnik bocznikowy.
- C. Silnik szeregowy.
- D. Silnik szeregowo-bocznikowy.

## Zadanie 4.

Sprawność maszyn prądu stałego mieści się w granicach

- A. 0,65–0,853.
- B. 0,78–0,945.
- C. 0,84–0,965.
- D. 0,87–0,982.

## SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI



Rys. 2.7.12. Układ do wyznaczania charakterystyki momentu rozruchowego silnika szeregowo-bocznikowego

### ! UWAGA

Do ćwiczenia należy wykorzystać ramię o znanej długości, jednym końcem zamontowane na wale silnika, a drugim na wadze sprężyny.

Do badania charakterystyki momentu rozruchowego należy zasilić uzwojenie wzbudzenia i obwodu twornika z różnych źródeł napięcia.

Źródło zasilające twornik powinno mieć niewielką wartość napięcia ze względu na występowanie w obwodzie tylko rezystancji twornika.

### KARTA PRACY 7.

Wykonaj pomiar charakterystyki momentu rozruchowego silnika szeregowo-bocznikowego prądu stałego.

#### PRZEBIEG POMIARU

1. Odczytaj wartości na tabliczce znamionowej silnika i prądnicę obcowzbudnej, obciążonej rezystancją  $R_{obc}$ .
2. Połącz układ według schematu (rys. 2.7.12).
3. Zamknij wyłącznik B uzwojenia wzbudzenia, obierając określoną wartość  $I_w$ .
4. Zamknij wyłącznik A, ustaw rezystor  $R_R$  w takiej pozycji, aby w obwodzie uzyskać zerową wartość prądu.
5. Zmieniaj wartość rezystora  $R_R$ , aby uzyskać wartość prądu  $I$  w przedziale  $0-1,2 I_n$ .
6. Wyniki pomiaru wpisz do tabeli.
7. Pomiary wykonaj dla dziesięciu punktów charakterystyki.
8. Wyznacz charakterystykę momentu rozruchowego  $MR = f(I_w)$ , przy  $\omega_m = 0$  oraz  $I_w = \text{const}$

### ! UWAGA

Pomiary należy przeprowadzić dla kilku wartości  $I_w$  (np.  $1,0; 0,75; 0,5 I_{wn}$ ).

Ze względu na szybkie nagrzewanie się maszyny zaleca się aby zaczynać pomiary od największej wartości prądu  $-1,2 I_n$ .

Wartość  $MR$  można wyznaczyć z zależności

$$MR = Fl,$$

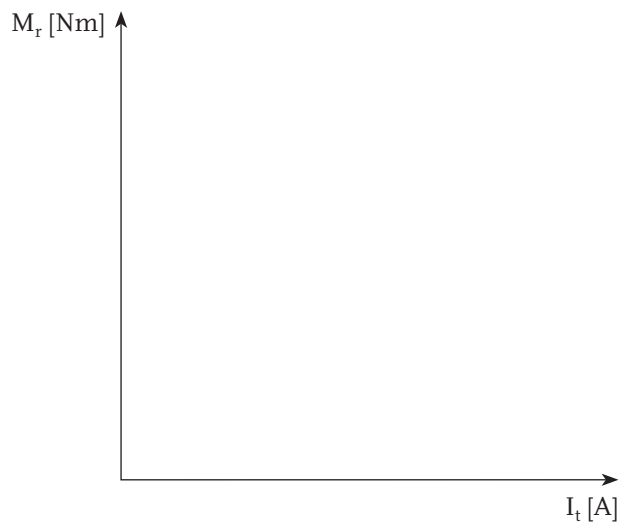
gdzie:  $F$  – siła działająca [N];  $l$  – długość ramienia [m]

Dane odczytane z tabliczki znamionowej:


**SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI**

Tabela 2.7.6

Lp.	$I_w$	$I$	$I_t$	$F$	$M_R$	Uwagi $I = \dots\dots$
	[A]	[A]	[A]	N	N•m	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						




---



---



---



---



---

**ZADANIE 1.**

Opisz, na czym polega wyznaczanie strefy neutralnej metodą silnikową.

---



---



---



---

# 2.9

## Konserwacja maszyn prądu stałego

### Wprowadzenie

Ocenę stanu technicznego urządzeń elektrycznych wirujących należy wykonać na podstawie okresowych oględzin i przeglądów.

W ramach przeglądów należy wykonać:

1. oględziny w czasie postoju urządzenia,
2. pomiary elektryczne (rezystancji uzwojeń, rezystancji izolacji),
3. sprawdzenie styków w łącznikach,
4. sprawdzenie prawidłowości działania aparatury kontrolno-pomiarowej,
5. kontrolę prawidłowości nastawień zabezpieczeń,
6. sprawdzenie stanu urządzeń energoelektronicznych (układów diodowych i tyrystorowych),
7. sprawdzenie stanu łożysk,
8. czynności konserwacyjne w określonym zakresie,
9. wymianę zużytych części i usunięcie zauważonych uszkodzeń,

Czynności, które należy wykonać podczas oględzin w czasie ruchu. Należy sprawdzić:

1. wskazania aparatury kontrolno-pomiarowej,
2. warunki chłodzenia elementów energoelektronicznych,
3. ustawienie zabezpieczeń,
4. stopień nagrzewania obudowy i łożysk,
5. stan przewodów,
6. poziom drgań,
7. działanie układów chłodzenia.

Oględziny w czasie postoju dotyczą stanu:

1. czystości urządzeń,
2. układu zasilającego,
3. urządzeń ruchomych i regulacyjnych,
4. urządzeń zabezpieczających,
5. układów sterowania, sygnalizacji i urządzeń pomiarowych,
6. urządzeń energoelektronicznych,
7. komutatorów,
8. szczotek i szczotkotrzymaczy,
9. połączeń elementów urządzenia.

### UWAGA

W trakcie oględzin podczas postoju należy przeprowadzić czynności konserwacyjne i usunąć nieprawidłowości stwierdzone w czasie ruchu.

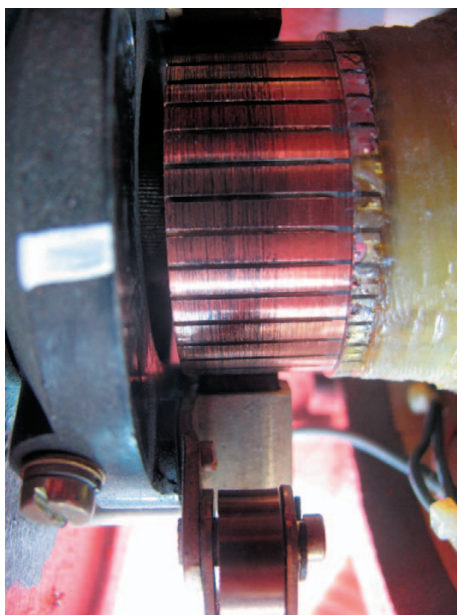
### Konserwacja podczas eksploatacji maszyny

1. Czyszczenie: należy zwracać uwagę na czystość komutatora, urządzenia szczotkowego, uzwojeń i łożysk. Trzeba przeprowadzać okresowe przeglądy połączone z czyszczeniem za pomocą sprężonego, suchego powietrza.
2. Łożyska: w maszynach są stosowane łożyska zamknięte wypełnione smarem u wytwórcy (stosuje się także łożyska rolkowe wymagające samodzielnego smarowania). Okresy eksploatacji łożysk zamkniętych oraz smarowania łożysk otwartych w zależności od prędkości obrotowej są podawane przez producentów w katalogach.

### Komutator

Podczas eksploatacji maszyny komutator pokrywa się stopniowo błyszczącą warstwą tlenku miedzi o odcieniu brązowo-błękitnym lub fioletowym. Nalot (zwany politurą) jest korzystny dla komutacji (nie należy usuwać go z powierzchni komutatora).

- A. W przypadku nieznacznego iskrzenia, niepowodującego opaleń, nie należy szlifować dobrze wypolerowanej powierzchni o normalnym kolorze. Czyszczenie powinno polegać na przetarciu powierzchni szmatką zmoczoną w spirytusie.
- B. Gdy powierzchnia komutatora jest opalona, czyszczenie powinno polegać na polerowaniu drobnoziarnistym papierem ściernym nałożonym na profilowany klocek drewniany. Polerowanie należy wykonać przy wyjętych lub podniesionych szczotkach.
- C. Gdy komutator jest opalony w znacznym stopniu lub ma nierówną powierzchnię, należy w stanie zimnym przetoczyć go nożem z wkładką diamentową, a rowki międzywycinkowe frezować na głębokość 1–1,5 mm. Po toczeniu trzeba komutator polerować.



Rys. 2.9.1. Obraz komutatora w przypadku nieznacznego iskrzenia

### Szczotki

Nacisk szczotek na komutator powinien zawierać się w granicach  $(1,5-2,0) \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ , w zależności od warunków pracy do  $4 \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ .

Szczotki należy wymienić na nowe w przypadku:

- skrócenia ich do około 15 mm,
- wykruszenia się części szczotki.

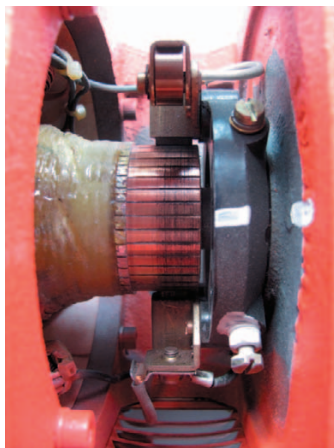
#### Zasady postępowania w przypadku wymiany szczotek:

1. Należy wymienić cały komplet szczotek tego samego gatunku i konstrukcji co zużyte.
2. Nowe szczotki trzeba dotrzeć do krzywizny komutatora drobnoziarnistym papierem ściernym.
3. Zaleca się po wstępnym dotarciu szczotek uruchomić maszynę i obciążyć na okres 15 min mocą 20% mocy znamionowej.

**Aparat szczotkowy**

Konserwacja kompletnego aparatu polega na utrzymaniu izolowanych części w czystości.

Ustawienie aparatu w strefie neutralnej zaznacza się farbą na podstawie aparatu oraz tarczy łożyskowej.



Rys. 2.9.2. Cechowanie pozycji strefy neutralnej

**Konserwacja maszyny w przypadku dłuższego postoju**

Maszynę należy zabezpieczyć w następujący sposób:

1. Oczyszczyć i przedmuchać sprężonym powietrzem.
2. Oczyszczyć rowki międzywycinkowe komutatora i przetrzeć komutator szmatką zwilżoną spirytusem.
3. Podnieść szczotki i cały komutator owinać arkuszem parafinowanego papieru.
4. Czop wału pokryć smarem antykorozyjnym.
5. Szczelnie zakryć wszystkie otwory w tarczach łożyskowych.

**! UWAGA**

Maszynę należy przechowywać w pomieszczeniu magazynowym suchym, niezawierającym pyłu i wyziewów chemicznych.

**Konserwacja łożysk**

W przypadku wykrycia w silniku nieprawidłowych hałasów lub drgań, albo nadmiernego rozgrzania w okolicach łożyska, trzeba wymienić uszkodzone łożyska.

Należy posłużyć się zasadą: jeżeli wymieniamy jedno uszkodzone łożysko, trzeba wymienić i drugie, za każdym razem przy wymianie łożysk wymieniamy także uszczelki.

**Przywracanie stanu łożysk**

Łożyska bez smarownic: zdemontować silnik, usunąć stary smar i wyczyścić elementy toczne łożyska środkiem odtłuszczającym. Nałożyć nowy smar (stopień napełniania łożyska nowym smarem wynosi 50% wolnej przestrzeni).

Łożyska toczne ze smarownicami:

- w przypadku użycia smaru podanego na tabliczce znamionowej: zdjąć nakładki i wyczyścić głowice;
- w przypadku użycia smaru innego niż zalecany: zdemontować silnik, wyczyścić łożyska i akcesoria za pomocą środka odtłuszczającego (wyczyścić kanał odpływowy i dopływowy);
- wypełnić smarem wolne przestrzenie pokryw, tarcz łożyskowych i kanałów smaru oraz 30% wolnej przestrzeni między elementami toczonymi;
- uruchomić maszynę, aby rozprowadzić smar (z małą prędkością <math>< 500 \text{ min}^{-1}</math>).

**! UWAGA**

Zbyt duża ilość smaru powoduje nadmierne rozgrzanie łożysk.



**SPRAWDŹ SWOJE UMIEJĘTNOŚCI****ZADANIE 1.**

W jakim celu stosuje się cechowanie strefy neutralnej na obudowie i aparacie szczotkowym?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 2.**

Od jakich objawów obserwowanych na komutatorze zależy konieczność jego przetoczenia?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 3.**

Jakie czynniki wpływają na szybkie zużywanie się szczotek?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 4.**

Na czym polega różnica między oględzinami a przeglądem maszyny elektrycznej?

---

---

---

---

---

**ZADANIE 5.**

Skorzystaj z przeglądarki internetowej i wyszukaj producentów łożysk stosowanych w silnikach prądu stałego o mocy rzędu 10 kW.

**ZADANIE 6.**

Uzasadnij, dlaczego do konserwacji łożysk stosuje się smary, a nie oleje?

---

---

---

---

---

---

## PODSUMOWANIE

## TEST 12

**Zadanie 1.**

Która z czynności należy do przeglądów?

- A. Sprawdzenie stanu urządzeń ruchomych i regulacyjnych.
- B. Sprawdzenie stanu komutatora.
- C. Sprawdzenie stopnia nagrzania obudowy i łożysk.
- D. Sprawdzenie stanu łożysk.

**Zadanie 2.**

Nacisk szczotek na komutator powinien zawierać się w granicach

- A.  $(0,5-1,5) \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ .
- B.  $(1,5-2,0) \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ .
- C.  $(1,5-2,5) \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ .
- D.  $(2,5-3,5) \cdot 10^{-4} \text{ N/m}^2$ .

**Zadanie 3.**

Przy jakiej wartości rezystancji izolacji należy stosować metodę suszenia uzwojeń?

- A. 0,5 MΩ.
- B. 1,5 MΩ.
- C. 2,0 MΩ.
- D. 2,5 MΩ.

**Zadanie 4.**

Ułóż w odpowiedniej kolejności wymienione czynności obowiązujące podczas demontażu maszyny.

1. Zdjąć sprzęgło zamocowane na wale.
  2. Zdjąć pokrywy zewnętrzne tarcz łożyskowych.
  3. Podnieść szczotki i zabezpieczyć je przed zetknięciem się z komutatorem.
  4. Wyjąć wirnik ze stojana.
- A. 1; 2; 3; 4.
  - B. 4; 3; 2; 1.
  - C. 1; 3; 2; 4.
  - D. 4; 2; 1; 3.

**Zadanie 5.**

W celu oczyszczenia komutatora należy przetrzeć go szmatką zwilżoną

- A. benzyną.
- B. olejem.
- C. spirytusem.
- D. woskiem.

**ZADANIE EGZAMINACYJNE**

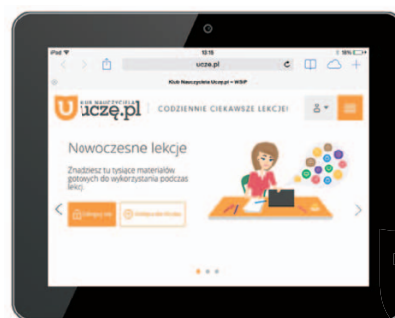
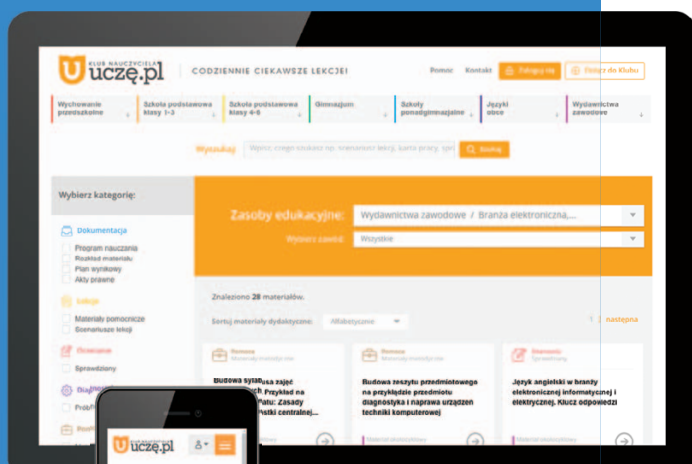
Wykonaj połączenie układu sterowania rezystorami rozruchowymi silnika szeregowego prądu stałego zgodnie z dokumentacją (rys. 2.9.7; rys. 2.9.8; rys. 2.9.9). Wykorzystaj tylko te styki aparatów, które są niezbędne do realizacji układu. Do zabezpieczenia cewek styczników zastosuj wyłącznik instalacyjny nadprądowy B2. Układ sterowania podłącz do sieci jednofazowej 230 V / 50 Hz, natomiast zasilanie silnika i obwodu rozruchowego podłącz do sieci prądu stałego. Połączenia w układzie sterowania wykonaj przewodem Dy 1,5 mm<sup>2</sup>, natomiast w układzie zasilania silnika – przewodem 2,5 mm<sup>2</sup>.



# 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





# Kształcimy zawodowo!

Największa oferta publikacji zawodowych w Polsce

- **podręczniki**
- **reperytoria i testy** przygotowujące do egzaminów
- seria „**Pracownie**” do praktycznej nauki zawodu
- ćwiczenia do nauki **języków obcych zawodowych**
- dodatkowe materiały dla nauczycieli na [ucze.pl](http://ucze.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](http://sklep.wsip.pl)



WYDAWNICTWA  
SZKOLNE  
i PEDAGOGICZNE

[wsip.pl](http://wsip.pl) | infolinia: 801 220 555