

UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY W BYDGOSZCZY
WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ
INSTYTUT EKSPLOATACJI MASZYN I TRANSPORTU
ZAKŁAD STEROWANIA



ELEKTROTECHNIKA I ELEKTRONIKA

ĆWICZENIE: **E15**

BADANIE OBCOWZBUDNEJ PRĄDNICY PRĄDU STAŁEGO

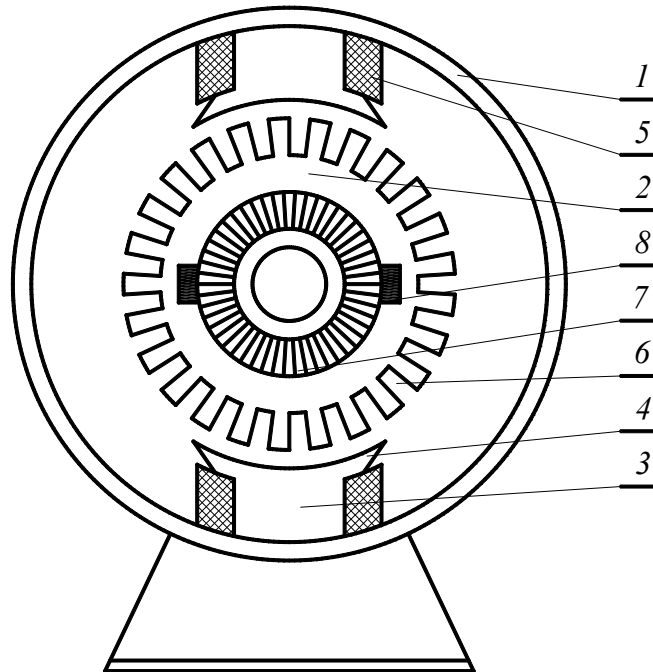
Piotr Kolber, Daniel Perczyński
Bydgoszcz 2011

1. BUDOWA MASZyny PRĄDU STAŁEGO

Każda maszyna prądu stałego składa się z trzech zasadniczych zespołów:

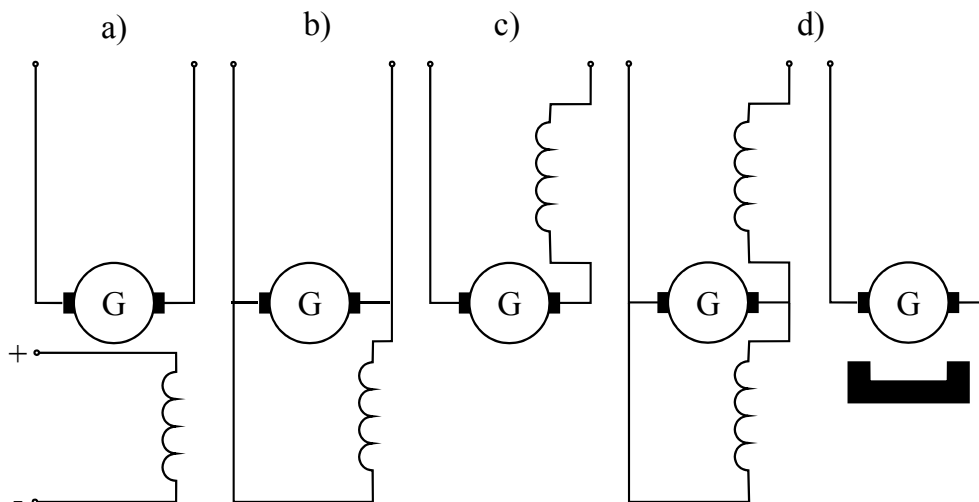
- nieruchomej magneśnicy (stojana),
- wirującego twornika (wirnika),
- komutatora i szczotek.

Na rys. 1 przedstawiono zasadnicze części składowe maszyny prądu stałego.



Rys.1. Szkic maszyny prądu stałego

Jarzmo stojana (1) wykonane jest zwykle w formie stalowego odlewu, do którego przymocowane są bieguny główne (3) z na-biegunami (4). Na biegunach głównych umieszczone jest uzwojenie wzbudzenia (5). Wirnik (2), wykonany z blach stalowych izolowanych wzajemnie, zawiera ułożone w żłobach uzwojenie twornika (6). Nazwa „Twornik” pochodzi od tego, że w nim wytwarza się siła elektromagnetyczna. Każde uzwojenia wirnika (twornika) są dołączone do odizolowanych od siebie wycinków komutatora (7). Komutator ma za zadanie odwracanie biegunowości ujemnego półokresu napięcia indukowanego w uzwojeniach twornika. Po powierzchni wirującego komutatora (razem z wirnikiem) ślizgają się nieruchome szczotki węglowe (8). Szczotki te służą do odprowadzenia prądu z uzwojenia twornika do obwodu zewnętrznego. Właściwości robocze maszyn prądu stałego w dużym stopniu zależą od sposobu łączenia uzwojenia wzbudzającego z twornikiem maszyny. Na rys. 2 podano sposoby tych połączeń i odpowiednie ich nazwy.



Rys. 2. Rodzaje maszyn prądu stałego:

- a) obcowzbudna,
- b) samowzbudna bocznikowa,
- c) samowzbudna szeregową,
- d) samowzbudna szeregowo-bocznikowa i z magnesem trwałym.

Dla oznaczenia uzwojeń maszyny prądu stałego stosuje się następujące symbole:

$A 1 A 2$	- uzwojenie wirnika
$E 1 E 2$	- uzwojenie bocznikowe
$D 1 D 2$	- uzwojenie szeregowo
$F 1 F 2$	- uzwojenie obcowzbudne

2. ZASADA DZIAŁANIA PRĄDNICY

Jeżeli w stałym polu magnetycznym wytworzonym przez uzwojenie wzbudzenia, występuje ruch przewodów umieszczonych na tworniku w kierunku poprzecznym do pola magnetycznego, to w przewodach tych zaindukuje się siła elektromotoryczna (SEM). Wartość zaindukowanej siły elektromotorycznej, zależy od stałej konstrukcyjnej maszyny oraz od wartości strumienia wzbudzenia i prędkości wirowania. Strumień magnetyczny oraz prędkość obrotowa mogą być regulowane z zewnątrz i dlatego przy określonych parametrach konstrukcyjnych maszyny tylko te wielkości mogą ulec zmianie. Wartość siły elektromotorycznej w obwodzie wirnika określa wzór:

$$E = C \cdot \phi \cdot n$$

gdzie :

E - siła elektromotoryczna (wytworzona w uzwojeniu twornika);

C - stała konstrukcyjna niezmienna dla danej maszyny;

n - prędkość obrotowa maszyny;

ϕ - strumień magnetyczny (wytworzony przez prąd płynący w uzwojeniu wzbudzenia).

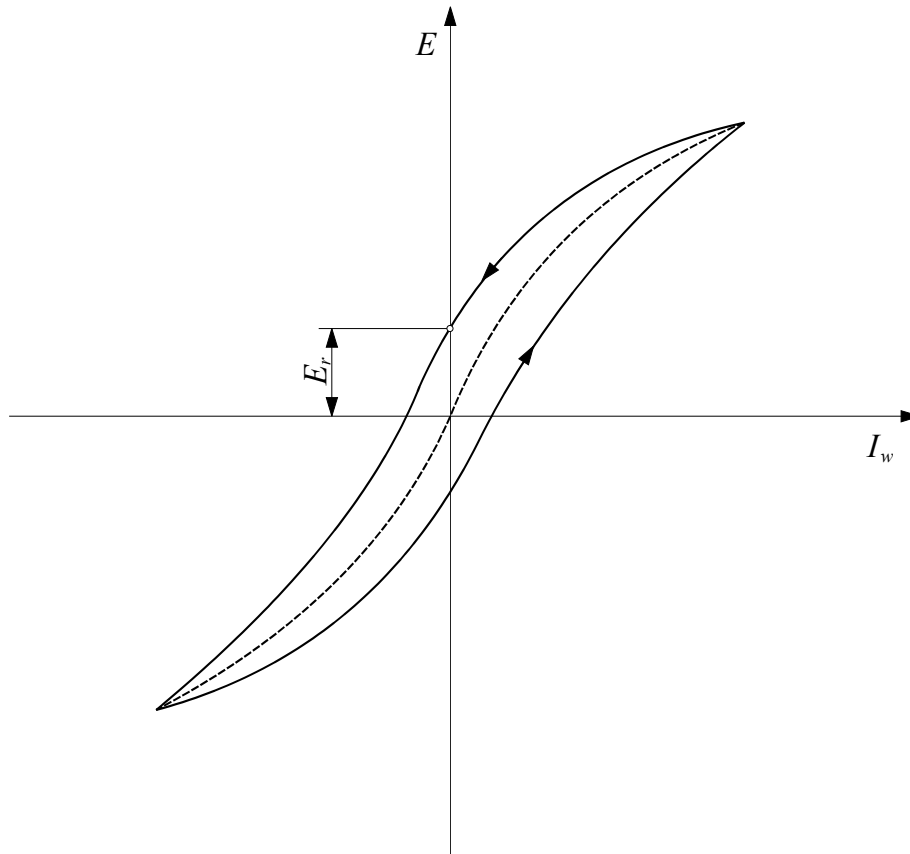
Strumień magnetyczny w maszynie zmienia się regulując prąd w obwodzie wzbudzenia, natomiast prędkość obrotową poprzez zmianę obrotów maszyny napędzającej. Kierunek zaindukowanej siły elektromotorycznej określa się regułą prawej dłoni.

Wytworzenie siły elektromotorycznej w prądnicy obcowzbudnej nie następuje trudności, gdyż obwód wzbudzenia prądnicy nie jest łączony z twornikiem maszyny. Natomiast aby wytworzyć siłę elektromotoryczną w prądnicy samowzbudnej muszą być spełnione następujące warunki:

- musi istnieć w obwodzie magnetycznym stojana pozostałość magnetyczna,
- uzwojenie wzbudzenia musi być tak podłączone, aby prąd płynący w tym uzwojeniu wzmacniał strumień szczątkowy,
- regulacja uzwojenia wzbudzenia musi być mniejsza od krytycznej.

Warunki pracy prądnicy obcowzbudnej są najprostsze, ponieważ proces roboczy w tych warunkach nie jest komplikowany wzajemną zależnością prądu wzbudzającego i napięcia maszyny. Wiele charakterystyk prądnicy obcowzbudnej praktycznie jest identycznych z charakterystykami prądnicy o bocznikowym uzwojeniu wzbudzającym, a otrzymanie tych charakterystyk w drodze doświadczalnej w przypadku wzbudzenia obcego jest znacznie prostsze, przy czym można zbadać również te części krzywych, które przy samowzbudzeniu odpowiadają niestatecznym warunkom pracy maszyny.

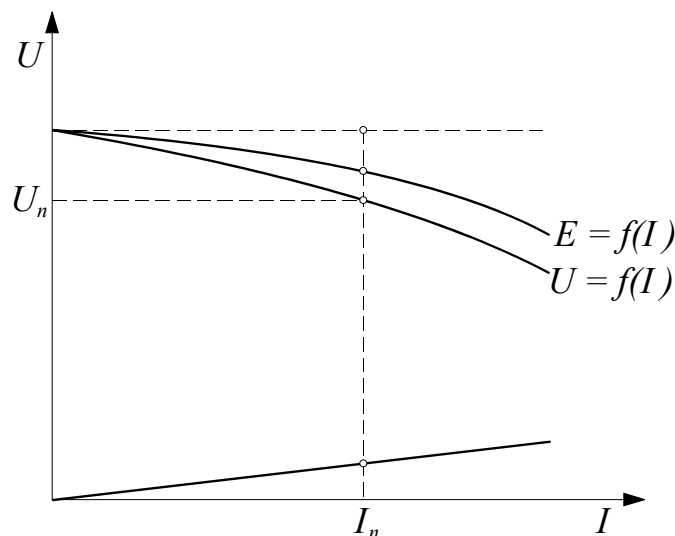
Charakterystyka biegu jałowego lub charakterystyka magnesowania prądnicy (rys. 3) jest zależnością $\text{sem } E$ twornika lub strumienia głównego Φ od prądu wzbudzającego I_w przy stałej prędkości ($n = \text{const}$) i przy otwartym obwodzie zewnętrznym.



Rys. 3. Charakterystyka biegu jałowego

Prądnice zwykle pracują przy wzbudzeniu odpowiadającym nasyconej części charakterystyki (zbliżonej do linii poziomej), ponieważ przy zwiększeniu się oporu magnetycznego osłabia się wpływ oddziaływania twornika na strumień i sem maszyny (wpływ pola magnetycznego twornika na pole główne), a zatem napięcie prądnicy na mniejsze wahania przy zmianach obciążenia.

Charakterystyką zewnętrzną prądnicy nazywa się zależność jej napięcia od prądu płynącego do obwodu zewnętrznego przy stałym prądzie wzbudzającym i przy stałej prędkości obrotowej. Charakterystykę tę można otrzymać, jeżeli się stopniowo obciąża prądnice. Określona na jej podstawie zmienność napięcia decyduje o zastosowaniu prądnicy. Charakterystyki zewnętrzne prądnic przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Charakterystyki zewnętrzne prądnicy

Napięcie prądnicy jest różnicą sem. E_t twornika i straty napięcia $I_t R_t$ na rezystancji twornika (do rezystancji twornika dodajemy również rezystancję w miejscu stykania szczotek).

$$U = E_t - I_t R_t$$

Przy zwiększeniu obciążenia prądnicy sem. twornika E_t stopniowo maleje wskutek rozmagnesowującego oddziaływania twornika, zatem napięcie prądnicy powinno maleć ze wzrostem obciążenia z dwóch powodów:

- wskutek zwiększenia się strat napięcia w tworniku,
- wskutek osłabienia się strumienia głównego maszyny przez rozmagnesowujące oddziaływanie twornika.

Jeżeli w dalszym ciągu będziemy zwiększać prąd płynący z prądnicy powyżej wartości znamionowej, to napięcie prądnicy będzie się stale obniżać, dopóki nie stanie się równe zero przy zwarciu szczotek prądnicy ($R = 0$).

Znając charakterystykę zewnętrzną prądnicy można określić zmianę jej napięcia ΔU przy przejściu do pracy jałowej (napięcie U_0) do pracy przy obciążeniu znamionowym (napięcie U_n). Zmiana ta odniesiona do napięcia U_n przy obciążeniu znamionowym i wyrażona jest w procentach:

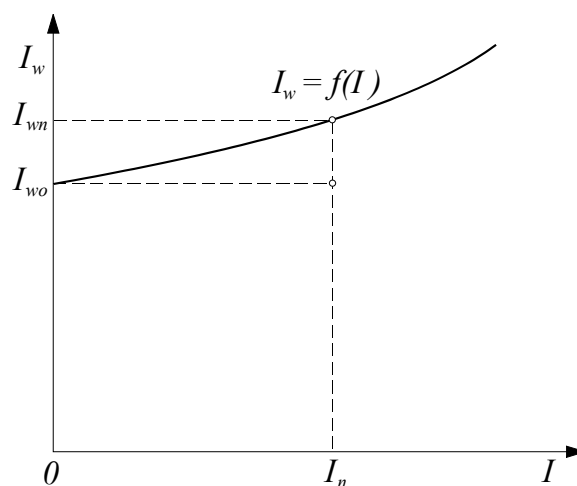
$$\Delta U = \frac{U_0 - U_n}{U_n} \cdot 100\%$$

W prądnicy obcowzbudnej przy $I = const$, wynosi $5 \div 10\%$; jest ona tym mniejsza, im maszyna jest większej mocy. Przy wyznaczaniu charakterystyki zewnętrznej prądnicy można również wyznaczyć jej charakterystykę wewnętrzną tj. zależność sem E_t od prądu obciążeniowego I_t przy stałej prędkości i stałym prądzie wzbudzającym.

Charakterystykę tę można wykreślić na podstawie charakterystyki zewnętrznej, otrzymanej doświadczalnie, ponieważ:

$$E_t = U + I_t R_t$$

Po zmierzeniu osobno rezystancji R_t dodajemy następnie do współrzędnych krzywej $U = f(I_t)$ - odpowiednie odcinki $I_t R_t$. W miarę wzrostu prądu obciążeniowego I_t odległość między krzywymi charakterystyk zewnętrznej i wewnętrznej wzrasta. Rezystancja R_t mało się zmienia z powodu nagrzania podczas przepływu prądu I_t , dlatego w pierwszym przybliżeniu można uważać go za stałą. Jeżeli będziemy regulowali prąd wzbudzenia prądnicy w taki sposób, ażeby przy zwiększeniu prądu obciążenia napięcie prądnicy było stałe, to otrzymamy charakterystykę regulacyjną prądnicy tj. zależność prądu wzbudzenia I_w od prądu obciążenia I_t , przy $U = \text{const}$. Charakterystykę regulacyjną prądnicy przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Charakterystyka regulacyjna prądnicy

3. POMIARY LABORATORYJNE

3.1. Oględziny.

Przy przeprowadzaniu oględzin należy zwrócić uwagę na:

- a) rodzaj budowy,
- b) formę wykonania,
- c) sposób chłodzenia,
- d) treść tabliczki znamionowej (odczytać i zanotować dane znamionowe).

3.2. Pomiar rezystancji uzwojeń wzbudzenia i twornika.

Rezystancje uzwojenia twornika $R_{A1A2} = R_t$ i uzwojenia wzbudzenia $R_{F1F2} = R_\mu$ mierzy się mostkiem technicznym Wheatstone'a lub miernikiem uniwersalnym.

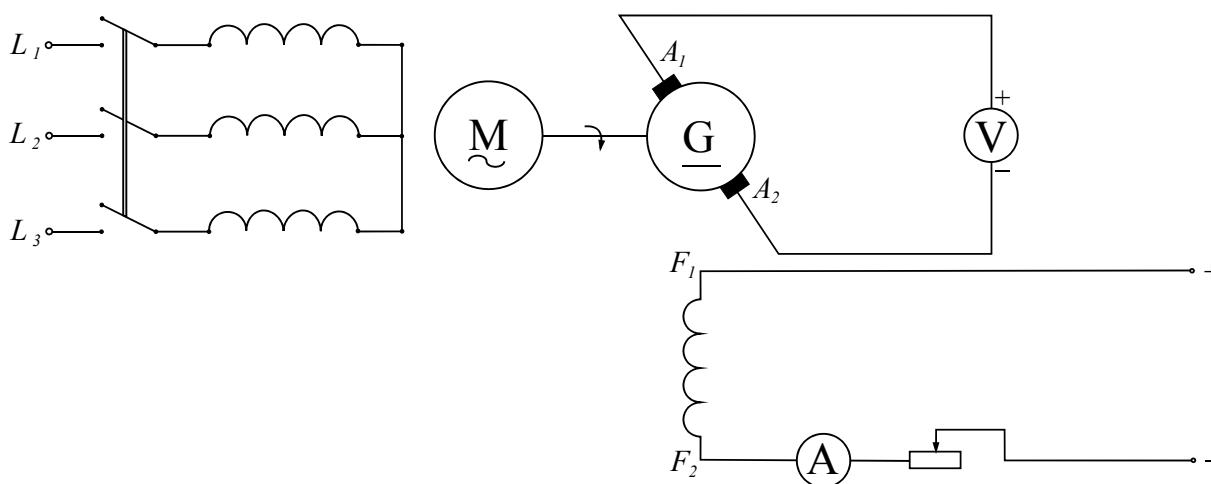
Rezystancję uzwojenia twornika należy zmierzyć przy trzech różnych położeniach wirnika i obliczyć wartość średnią.

Wyniki pomiarów wpisać do tablicy 1.

Tablica 1

R_{A1A2}			Wartość średnia	R_{F1F2}
Położenie wirnika				
1	2	3		

3.3. Wyznaczenie charakterystyki biegu jałowego prądnicy obcowzbudnej.



Rys. 6. Schemat układu połączeń do wyznaczenia charakterystyki biegu jałowego

Badaną prądnicę napędzamy silnikiem asynchronicznym klatkowym. Przy rozruchu silnika napadowego ustalamy napięcie zasilające uzwojenie wzbudzenia na zero. Po ustaleniu się prędkości obrotowej silnika należy zwiększać napięcie zasilające uzwojenie wzbudzenia aż do uzyskania na zaciskach twornika $A1A2$ napięcia równego $1,2 \cdot U_n$. Pomiary siły elektromotorycznej E_t w zależności od prądu wzbudzenia I_w przy prędkości równej prędkości znamionowej $n_n = const$ i przy wyłączonym obciążeniu $I = 0$ wykonuje się zmniejszając wartość prądu wzbudzenia za pomocą zasilania regulowanego. Ostatni pomiar należy wykonać przy otwartym obwodzie wzbudzenia tzn. wtedy, gdy wartość prądu wzbudzenia jest równa zero. Wyniki pomiarów odnotować w tablicy 2.

Tablica 2.

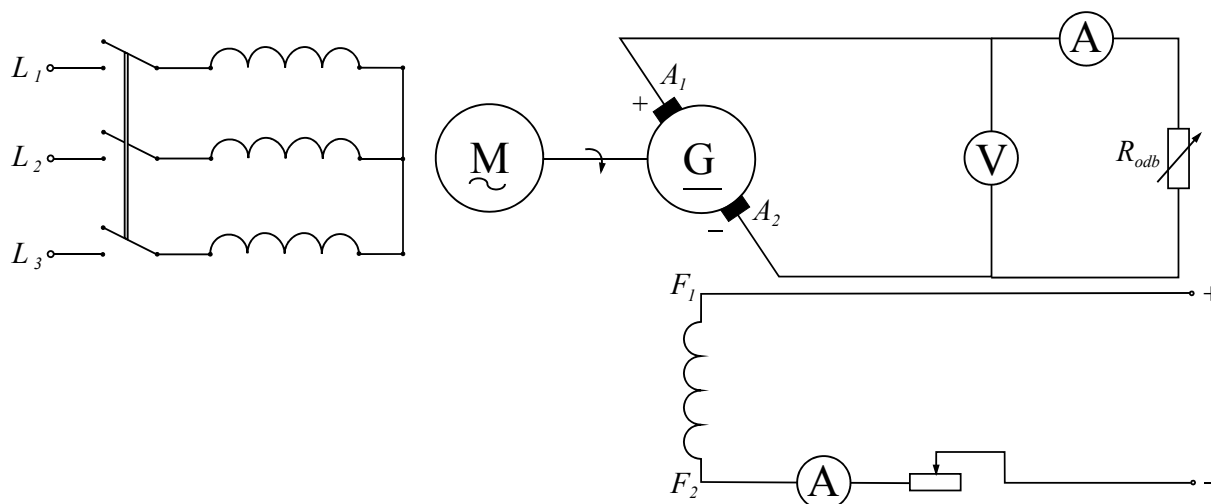
I_w	A	t		0

E_t	V		
$n = n_n = \dots\dots\dots obr/min = const, I = 0$			

Na podstawie pomiarów należy wykreślić charakterystykę biegu jałowego prądnicy $E_t = f(I_w)$

3.4. Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej i wewnętrznej prądnicy obcowzbudnej

Połączyć układ wg schematu jak na rys. 7.



Rys. 7. Schemat układu połączeń do wyznaczania charakterystyki zewnętrznej

Po uruchomieniu prądnicy jak w p. 3 za pomocą zasilacza regulowanego regulujemy prąd wzbudzenia aż do momentu, gdy napięcie na zaciskach A1A2 prądnicy będzie znamionowe ($U = U_n$) przy prądzie obciążenia równym zero ($I = 0$). Obciążenie prądnicy uzyskuje się przez włączenie kolejnych sekcji /spiral grzejnych/ oporności odbiornika R_{odb} .

U w a g a !!!

Regulację obciążenia rozpoczynamy od momentu, gdy wszystkie sekcje (równoległe połączone) są wyłączone. Przez kolejne włączanie poszczególnych sekcji uzyskujemy wzrost prądu obciążenia (regulacja skokowa).

Podczas pomiarów nie należy regulować prądu wzbudzenia I_w .

Wyniki pomiarów zanotować w tablicy 3.

Tablica 3.

L.p.	I	U	I_w
	A	V	A
1.			
2.			

·			
·			
·			

3.5. Wyznaczenie charakterystyki regulacyjnej prądnicy obcowzbudnej.

Połączyć układ wg schematu jak na rys. 7.

Pomiary rozpoczynamy od warunków znamionowych, tzn. przy $U = U_n$, $I = I_n$, $n = n_n = const$

Zmniejszając stopniowo obciążenie prądnicy tzn. zmniejszając stopniowo wartość prądu I (przez wyłączenie kolejnych sekcji R_{odb}) należy utrzymać przez cały czas pomiarów stałą wartość napięcia $U = U_n = const$.

Stałą wartość napięcia na zaciskach twornika prądnicy można uzyskać przez regulację napięcia zasilającego uzwojenie wzbudzenia.

Wyniki pomiarów zanotować w tablicy 4.

Tablica 4.

I_w	A		
I_t	A		0
$U = U_n = \dots\dots\dots$		$n = n_n = \dots\dots\dots \text{ obr/min}$	

Na podstawie pomiarów wykreślić charakterystykę regulacyjną prądnicy obcowzbudnej $I_w = f(I)$ przy $n = n_n = const$ i $U = U_n = const$.

3.6. Sformułowanie wniosków.

3.7. Podać numery i dane przyrządów użytych do pomiarów.

4. ZAGADNIENIA DO PRZYGOTOWANIA

1. Rodzaje budowy, zagadnienia cieplne, oznaczenia różnych typów maszyn elektrycznych.
2. Budowa i zasada działania prądnicy obcowzbudnej prądu stałego.
3. Charakterystyki prądnicy obcowzbudnej.
4. Zastosowanie prądnic obcowzbudnych.

Literatura

1. Chęciński B., Ksycki P., Mierzbiczak J.: „Laboratorium elektrotechniki i elektroniki”, Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 1978.
2. Kolber P., Kozłowska A., Perczyński D.: „Podstawy badań eksploatacyjnych maszyn elektrycznych”, Wydawnictwo Uczelniane ATR, Bydgoszcz, 2002.

3. Majka K., Tymiński J.: „Elektryfikacja rolnictwa”, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 1979.
4. Opydo W.: „Elektrotechnika i elektronika dla studentów wydziałów nieelektrycznych”, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2005.
5. Opydo W., Kulesza K., Twardosz G.: „Urządzenia elektryczne i elektroniczne przewodnik do ćwiczeń laboratoryjnych”, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2002.
6. Przeździecki F., Opolski A.: „Elektrotechnika i elektronika”, PWN, Warszawa, 1986.
7. Przeździecki F.: „Laboratorium elektrotechniki i elektroniki”.
8. Praca zbiorowa pod red. Hickiewicz J.: „Maszyny i napęd elektryczny”, Poradnik Technika Elektrotechnika, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa, 1978.
9. Sawicki F., Piechocki J., Orliński J.: „Laboratorium z elektrotechniki dla mechaników”, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, 2001.
10. Węglarz J.: „Maszyny elektryczne”, WNT, Warszawa, 1968.