

**Zakład Napędów Wieloźródłowych  
Instytut Maszyn Roboczych Ciężkich PW  
Laboratorium Elektrotechniki i Elektroniki**

**Ćwiczenie M 1 - protokół**

**Badanie maszyn prądu stałego:  
silnika bocznikowego i prądnicy obcowzbudnej**

Data wykonania ćwiczenia.....

**Zespół wykonujący ćwiczenie:**

	<i>Nazwisko i imię</i>	<i>ocena dop. do ćw.</i>
1.	.....	.....
2.	.....	.....
3.	.....	.....
4.	.....	.....
5.	.....	.....
6.	.....	.....
7.	.....	.....
8.	.....	.....
9.	.....	.....
10.	.....	.....

**Wydział SiMR PW**

**Rok ak. 20.../20...**

**Semestr.....**

**Grupa.....**

**Warszawa 2007r.**

## BADANIE MASZYN PRĄDU STAŁEGO

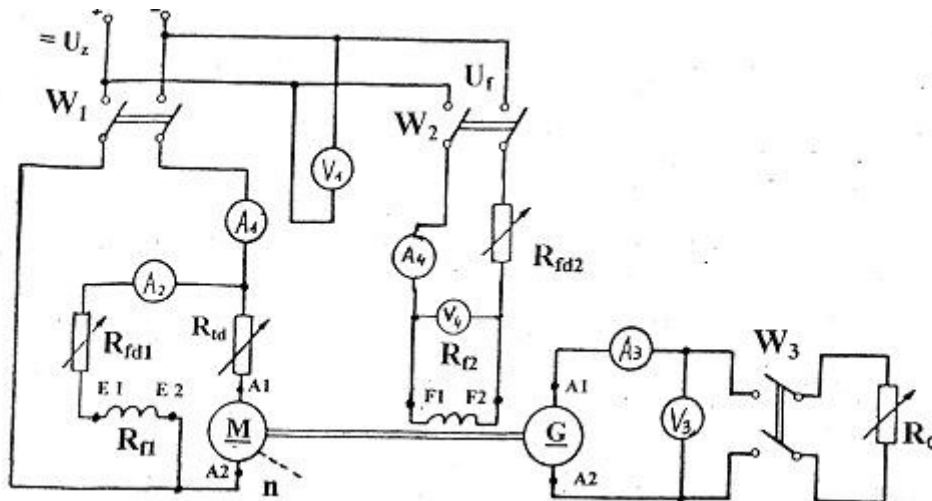
### 1. Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest poznanie: budowy, zasady działania i charakterystyk maszyn prądu stałego przy pracy prądnicowej lub silnikowej oraz wyznaczenie ich charakterystyk poprzez pomiary w stanie biegu jałowego i obciążenia.

### 2. Pomiary

#### 2.1 Schemat pomiarowy

Poniżej przedstawiono schemat pomiarowy do badań prądnicy obcowzbudnej i silnika bocznikowego (rys.. 1)



**Rys. 1.** Schemat połączeń do badań maszyn prądu stałego:

M - silnik bocznikowy, G - prądnica obcowzbudna .

Gdzie: Napięcie zasilania silnika i napięcie wzbudzenia prądnicy  $U_z = U_f = 220 \text{ V}$   
 Straty mechaniczne prądnicy  $\Delta P_m = 30 \text{ W}$ , Straty w żelazie prądnicy  $\Delta P_{Fe} = f(U_3)$  wg wykresu

Prąd znamionowy silnika  $I_s$  i prądnicy  $I_3 = I_o = 5 \text{ A}$ , prędkość obrotowa  $n_{zn}$ . 1200 obr/min

Prąd wzbudzenia znamionowy silnika i prądnicy  $I_{fs} = I_2 = I_{tp} = I_4 = 0,6 \text{ A}$

A1-A2 - uzwojenie twornika silnika i prądnicy o rezystancji  $R_{tws} = 9\Omega$  ,

E1-E2 - uzwojenie wzbudzenia bocznikowe silnika o rezystancji  $R_{f1} = 300\Omega$

F1-F2 – uzwojenie wzbudzenia obcowzbudne prądnicy o rezystancji  $R_{f2} = 300\Omega$

A1 - amperomierz magnetoelektryczny 7,5 A - pomiar prądu  $I_s$  pobieranego przez silnik,

A2 - amperomierz magnetoelektryczny 0,75 A - pomiar prądu wzbudzenia  $I_{fs}$  silnika,

V1 - woltomierz magnetoelektryczny o zakresie 300V- pomiar napięć: zasilania silnika

A4 - amperomierz magnetoelektryczny 0,75A - pomiar prądu wzbudzenia prądnicy  $I_{fp}$ ;

A3 - amperomierz magnetoelektryczny 7,5 A- pomiar prądu obciążenia prądnicy  $I_{t3}$ ;

V3 - woltomierz magnetoelektryczny o zakresie 300V - pomiar napięcia prądnicy  $U_2$ ;

$R_{fd1}$  - dodatkowa rezystancja obwodu wzbudzenia silnika -  $330\Omega$   
 $R_{td}$  - dodatkowa rezystancja obwodu twornika (rozsusznik)-  $300\Omega$   
 $R_{fd2}$  - dodatkowa rezystancja obwodu wzbudzenia prądnicy,-  $1000\Omega$   
 $R_o$ .-rezystancja obciążenia prądnicy-  $200\Omega$   
 $n$  - miernik prędkości obrotowej,  
 $W_1, W_2, W_3$  - wyłączniki.

## 2.2. Badanie silnika bocznikowego prądu stałego

Przedmiotem badań jest silnik bocznikowy, a jego obciążeniem jest prądnica obcowzbudna. Schemat połączeń układu pomiarowego podano na rys.1.

### 2.2.1. Wyznaczanie charakterystyki $n = f(I_n)$ w stanie biegu jałowego ( $M \approx 0$ )

Rozruch silnika prądu stałego przeprowadza przez włączenie wyłącznikiem  $W_1$  napięcia zasilania  $U_z = U_1$  przy **maksymalnej** wartości rezystora  $R_{td}$  i minimalnej wartości (zwarty rezysor) rezystancji  $R_{fd1}$  oraz przy otwartych wyłącznikach  $W_2$  i  $W_3$ . Po zakończonym rozruchu wartość, rezystor rozruchowy  $R_{td}$  zewrzeć by rezystancja  $R_{td} = 0$ . Regulując rezystorem  $R_{fd1}$  w obwodzie wzbudzenia silnika prąd wzbudzenia silnika ( $I_f$ ), zmienia się prędkość obrotową do wartości  $1,2 n_n$ . Wyniki pomiarów należy zamieścić w tabelicy 1.

**Tablica 1**

$I_2=I_{fs}$	A								
<b>n</b>	<b>obr/mi n</b>								<b>1,2 n<sub>n</sub></b>

Na podstawie pomiarów wykreślić zależność charakterystykę  $n = f(I_{fs})$

### 2.2.2. Wyznaczenie charakterystyki obciążenia (mechanicznej silnika) przy $I_{fs} = \text{const.}$

Po uruchomieniu silnika (jak w p.5.2.1) i ustaleniu (poprzez regulację  $R_{fd1}$ ) prędkości obrotowej równej:  $n_n = 1200$  [obr/min], wykonać pierwszy pomiar przy biegu jałowym ( $I_0=I_3=0$ , przy otwartych wyłącznikach  $W_2$  i  $W_3$ . Następnie przez zamknięcie wyłącznika  $W_2$  przy włączonym napięciu wzbudzenia prądnicy –  $U_{fp}=U_4$  i ustalając znamionowy prąd wzbudzenia:  $I_{fp} = 0,6$  A wykonać drugi pomiar przy wciąż otwartym  $W_3$  i  $I_0=0$ . Kolejne pomiary wykonać przy włączonym obciążeniu prądnicy (zamknięcie wyłącznika  $W_3$ ) i regulację rezystancji  $R_0$  tak by  $0 < (I_0=I_3) \leq 5$  [A], zachowując stałą wartość prądu  $I_{fs}$ . Uzyskane wyniki należy zamieścić w **tablicy 2**

Prąd wzb. silnika  $I_{fs} = I_2 = \text{const.}$

Tablica 2

L	Pomiary							Obliczenia			
	n	$U_1=U_z$	$U_3=U_0$	$I_1=I_s$	$I_3=I_0$	$I_2=I_{fp}$	$U_4=U_f$ p	$P_0$	$P_s$	M	$\eta$
-	obr/min	V	V	A	A	A	V	Obr	W	Nm	%
1			230		0						
2											
3											
4											
5											
6											
7					5						

gdzie:  $P_s = U_z I_s + R_{twp} I_o^2 + U_{fp} I_{fp} + \Delta P_m + P_{Fe}$  ;

$M = P_2 / (0,105 n)$   $P_s$  – moc pobrana z sieci el. :  $R_{twp} I_o^2$  - strata mocy w tworniku prądnic (straty w miedzi  $\Delta P_{cu}$ ,

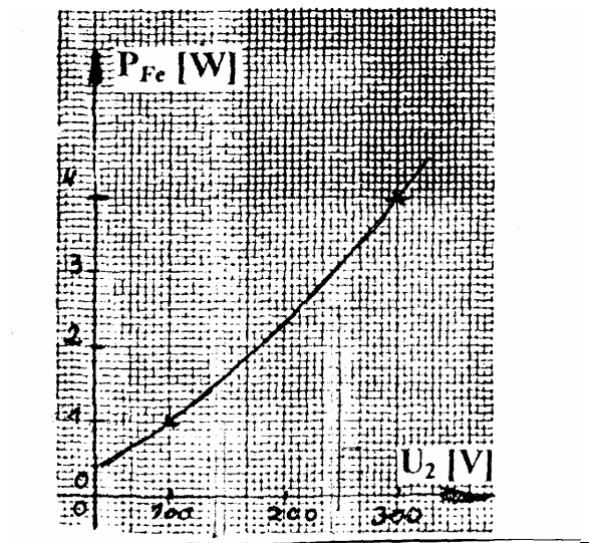
$R_{twp}$  – rezystancja twornika prądnic = 9,0  $\Omega$ ,

$U_{fp} I_{fp}$  - strata mocy w obwodzie wzbudzenia prądnic:  $\Delta P_m$  – straty mechaniczne w

prądnic  $\sim 30$  W:  $P_{Fe}$  – straty magnetyczne w prądnic ( w żelazie) odczyt z wykresu niżej

$P_2$  – moc na wale silnika:  $P_o = U_o I_o$  – moc pobrana z prądnic wydzielona na rezystorze  $R_o$

$\eta = (P_o / P_s) \times 100 \%$ ., gdzie:  $P_2 = U_o I_o + R_{twp} I_o^2 + U_{fp} I_{fp} + \Delta P_m + P_{Fe}$



Na podstawie uzyskanych wyników należy wykreślić charakterystyki obciążenia:  
 $I_s = f(M)$ ,  $n = f(M)$  i  $\eta = f(M)$

### 2.2.3. Wyznaczenie charakterystyki regulacyjnej $I_{fs} = f(M)$ przy $n = \text{const}$ .

Wyłączniki **W1**, **W2**, **W3** otwarte Po uruchomieniu silnika (jak w p.2.2.1) i ustaleniu (regulacja  $R_{fd1}$ ) prędkości obrotowej równej:  $n = 1200$  obr/min, pierwszego pomiaru należy dokonać przy biegu jałowym  $I_0=I_3=0$ , zaś drugiego przez zamknięcie wyłącznika **W2** przy włączonym napięciu wzbudzenia prądniczy –  $U_4 = U_{fp}$  i ustaleniu znamionowego prądu wzbudzenia:  $I_{fp} = 0,6$  A , przy otwartym wyłączniku **W3** i  $I_0=I_3=0$ ).

Kolejne pomiary wykonać przy włączonym obciążeniu prądniczy (zamknięcie wyłącznika **W3**) i regulacją rezystancji  $R_0$  tak by  $0 < (I_0=I_3) \leq 5$  [A], zachowując stałą wartość prądu  $I_{fs}$ .

**Zmieniając obciążenie prądniczy  $I_3 = I_0$ , należy utrzymywać stałą prędkość obrotową silnika  $n$  (zmieniając jego prąd wzbudzenia  $I_2 = I_{fs}$  – regulacja  $R_{fd1}$ ).**

Wyniki pomiarów należy zamieścić w tablicy

Tablica 3

$n = 1200$  obr/min

Lp.	Pomiary					Obliczenia	
	$I_3=I_0$	$I_2=I_{fs}$	$I_4=I_{fp}$	$U_3=U_0$	$U_4=U_{fp}$	$P_2$	$M$
–	A	A	A	V	V	W	Nm
1	0			230			
2							
3							
4							
5							
6							
7	5						

**Przy obliczeniach należy korzystać ze wzorów jak w p. 2.2.2**

Na podstawie uzyskanych wyników należy wykreślić zależność  $I_{fs} = f(M)$ , dla  $n = \text{const}$ .

## 2.3. Badanie prądniczy obcowzbudnej prądu stałego

Przedmiotem badań jest prądnicza obcowzbudna prądu stałego G. Napęd stanowi silnik bocznikowy prądu stałego M, którego rozruch przeprowadza się zgodnie

z procedurą podaną w punkcie 2.2.1 tj. przy maksymalnej wartości rezystora rozruchowego  $R_{td}$

Schemat połączeń układu pomiarowego przedstawiono na rysunku 1

**2.3.1 Wyznaczenie charakterystyki biegu jałowego  $E = f(I_{fp})$ , przy  $n = \text{const}$  i  $E = f(n)$  przy  $I_{fp} = \text{const}$ .**

Po uruchomieniu silnika przy jego pracy z prędkością obrotowej  $n=1200$  obr/min należy zmierzyć wartości sem prądnicy ( $E_0 = U_0 = U_3$ ) w zależności od zmian jej prądu wzbudzenia  $I_{fp}$  ( $W_3$  - otwarty).

Analogiczne pomiary należy wykonać przy  $n = 1,2 n_n$ . Wyniki pomiarów zamieścić w tablicy 4.

**Tablica 4-**

<b>n = 1200</b>	<b><math>I_4=I_{fp}</math></b>	<b>A</b>	<b>0</b>						
<b>obr/min</b>	<b><math>U_3=E_0</math></b>	<b>V</b>	<b><math>E_{szcz} =</math></b>						<b>230</b>
<b>n = 1400</b>	<b><math>I_4= I_{fp}</math></b>	<b>A</b>	<b>0</b>						
<b>obr/min</b>	<b><math>U_3=E_0</math></b>	<b>V</b>	<b><math>E_{szcz}</math></b>						<b>230</b>

-

Na podstawie pomiarów wykreślić charakterystykę  $E = f(I_{fp})$

W analogiczny sposób należy wyznaczyć charakterystykę  $E_0 = f(n)$ ,  $I_{fp} = I_4 = \text{const}$

Wyniki pomiarów zamieścić w tablicy 5.

**Tablica 5**

<b>n</b>	<b>obr/min</b>								
<b><math>U_3=E_0</math></b>	<b>V</b>								

**2.3.2. Wyznaczenie charakterystyki zewnętrznej  $U_0 = f(I_0)$**

Charakterystykę zewnętrzną prądnicy wyznacza się przy  $n=n_n=\text{const}$ .  
i  $R_{fd2} = \text{const}$ .

Wyłącznik  $W_2$  zamknięty,  $W_3$  otwarty. Po ustaleniu prędkości obrotowej silnika napędowego prądnicy na  $n_n=1200$  obr/min, rezystorem  $R_{fd2}$  regulując prąd wzbudzenia prądnicy  $I_{fp}=I_4$

doprowadzić jej sem do  $E_0 = U_3=U_0=230 \text{ V}$ , przy biegu jałowym prądnicy  $I_0=I_3= 0$  . Następnie po zamknięciu wyłącznika W3, zmieniając nastawy rezystora obciążenia  $R_0$  wykonać pomiary dla obciążenia  $0<(I_0=I_3)\leq 5 \text{ A}$ , przy zachowaniu stałej prędkości obrotowej  $n_n=\text{const}$  i prądu wzbudzenia prądnicy  $I_{fp}=\text{const}$ . Wyniki pomiarów należy zamieścić w tablicy 6

**Tablica 6**

Parametry: $n=1200\text{...obr/min}$ $I_{fp}=\text{.....A}$									
$I_3=I_0$	A	0							5
$U_3=U_0$	V	230							
$P_0$	W	0							

$$P_0 = U_0 I_0$$

Na podstawie wyników pomiarów wykreślić charakterystykę  $U_0 = f(I_0)$  przy  $n=\text{const}$ ,  $I_{fo}=\text{const}$

### 2.3.3. Wyznaczenie charakterystyki regulacyjnej $I_{fp} = f(I_0)$

Charakterystykę wyznacza się przy  $n = n_n = \text{const}$ . i  $U_3= U_0 =230 \text{ V} = \text{const}$ .

Silnik uruchomiony napędza prądnicę z  $n_n= 1200 \text{ obr/min}$ , wyłącznik W3 otwarty, W2 zamknięty. Rezystorem  $R_{fd2}$ , regulując prąd wzbudzenia prądnicy  $I_{fp}=I_4$  tak by sem prądnicy  $E_0=U_3=230 \text{ V}$ , osiągnęło wartość nominalną. Następnie należy zamknąć wyłącznik W3 i rezystorem  $R_0$  zmieniać prąd obciążenia prądnicy w przedziale  $0<(I_0=I_3)\leq 5 \text{ A}$ , przy jednoczesnym utrzymywaniu napięcia prądnicy  $U_3= U_0 =230 \text{ V} = \text{const}$ .

Poprzez zmianę prądu wzbudzenia prądnicy  $I_{fp}$ . Wyniki pomiarów zamieścić w tablicy 7

**Tablica 7**

Parametry $U_3=U_0= 230 \text{ V}$ , $n=n_n=.1200 \text{ .obr/min}$									
$I_4=I_{fp}$	A								
$I_0=I_3$	A	0							5

Na podstawie pomiarów wykreślić charakterystykę regulacyjną prądnicy  $I_{fp}=f(I_0)$ , przy  $U_0=U_3=\text{const}$ .

*Opracował dr inż. Adam Bieniek*