

## **Laboratorul numărul 10**

### **Generatorul sincron autonom**

*Se consideră o mașină sincronă de construcție normală (rotorul - inductor, statorul-indus) antrenată cu viteza unghiulară  $\Omega$  de către un motor primar ce dezvoltă cuplul activ  $M_a$ .*

*Înfășurarea de excitație, având  $2p$  poli și fiind alimentată în curent continuu, produce un câmp magnetic învârtitor de viteză unghiulară  $\Omega$  ce se rotește sincron cu inductorul. Spirele înfășurărilor de fază ale statorului vor fi înălțuitei de fluxul variabil în timp corespunzător acestui câmp magnetic învârtitor. Considerând câmpul magnetic învârtitor ca având și repartiție sinusoidală în spațiu, fluxul va avea o aceeași variație sinusoidală în timp, cu pulsația:*

$$\Omega = p \cdot \Omega$$

*Tensiunea indusă într-o înfășurare de fază, sinusoidală în timp, va avea aceeași pulsație, iar în cele trei înfășurări de fază se va induce un sistem trifazat simetric echilibrat de tensiuni. Succesiunea în timp a acestor trei tensiuni va fi impusă de sensul de rotație al câmpului învârtitor inductor. Conectând înfășurarea statorului pe o impedanță trifazată simetrică, aceasta va fi parcursă de curenți de fază ce vor forma un sistem trifazat simetric echilibrat. Astfel, mașina sincronă va debita pe impedanță de sarcină o putere activă, funcționând în regim de generator sincron trifazat.*

*Referitor la particularitățile constructive ale mașinilor sincrone, generatorul sincron cu poli înecați prezintă un întrefier constant la periferia rotorului, în timp ce generatorul sincron cu poli aparenti prezintă la periferia rotorului un întrefier neuniform.*

*Curentul continuu, necesar excitării generatorului, este furnizat de regulă de o excitatrice cuplată coaxial cu generatorul. Excitatricea este de fapt un generator de curent continuu cu excitație -derivație sau mixtă, reostatul de câmp al acestuia permițând un reglaj comod al curentului de excitație al generatorului.*

*Înfășurările indusului generatorului sincron se montează de regulă în stea cu nulul accesibil deoarece o conexiune în triunghi a înfășurărilor indusului ar constitui un circuit închis pentru curenții de armonică trei și multiplu de trei.*

*Pentru generatorul sincron trifazat funcționând pe o rețea proprie (autonom) caracteristicile de funcționare sunt următoarele:*

- ✓ *Caracteristica de mers în gol –  $E_0 = f(I_e)$  - descrie dependența tensiunii de mers în gol (curentul de sarcină este nul) în funcție de curentul de excitație, păstrând constantă turația generatorului;*

- ✓ *Caracteristica internă (de sarcină) –  $U=f(I_e)$ - reprezintă dependența dintre tensiunea generată, colectată la borne, și curentul de excitație menținând constant curent de sarcină și turația generatorului;*
- ✓ *Caracteristica de externă –  $U=f(I)$ - reprezintă evoluția tensiunii la bornele generatorului în funcție de curentul de sarcină în condițiile păstrării turației și curentului de excitație constant;*
- ✓ *Caracteristica de reglaj –  $I_e=f(I)$ - reprezintă variația curentului de excitație în funcție de curentul de sarcină păstrând tensiunea la bornele generatorului și turația constant;*
- ✓ *Caracteristica de scurtcircuit –  $I_{sc}=f(I_e)$ - reprezintă dependența dintre curentul din circuitul indusului scurtcircuitat și curentul de excitație, păstrând constantă turația generatorului.*

*Caracteristicile generatorului sincron trifazat autonom se vor studia pentru diverse sarcini: activă, inductivă, capacitivă sau mixtă.*

#### *Procedeu experimental*

*Pentru trasarea caracteristicilor generatorului sincron autonom se va realiza montajul din figura 1.*

*În trasarea caracteristicilor trebuie specificat că se va folosi doar sarcina rezistivă – rezistența de sarcină  $R_s$ .*

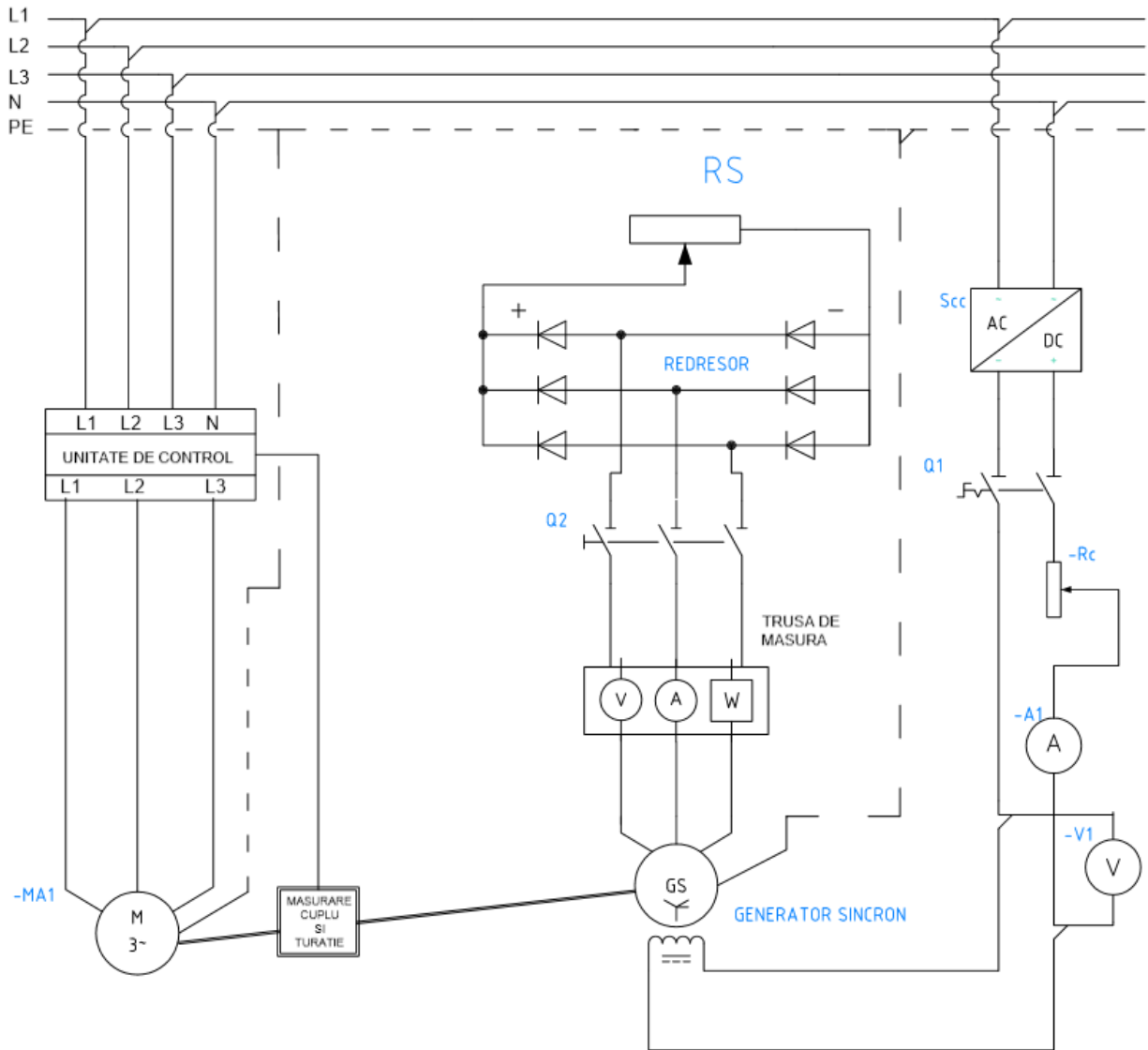


Fig.1 – Schema de încercări

Descriere standuri experimentale:

	Standul numărul 1. –Lucas-Nulle	Standul numărul 2.- Wuekro
	Unitate de control - $n = 3000 \text{ rot/min}$ ; - $M = 10 \text{ Nm}$	Unitate de control - $n = 1500 \text{ rot/min}$ - $M = 10 \text{ Nm}$
MA	Motor de antrenare – Motor asincron alimentat de unitatea de control	Motor de antrenare – Motor de curent continuu alimentat de unitatea de control
GS	Generator de sincron	Generator de sincron

	- $n=1500$ rot/min; - $I_e=0,5$ A	- $n=1500$ rot/min; - $I_e=0,65$ A
$U_{ex}$	Sursă de curent continuu pentru excitație: - $U=220$ V; - $I_{max}=0,5$ A	Sursă de curent continuu pentru excitație: - $U=220$ V; - $I_{max}=0,5$ A
$Q_1$	Întreprupător de excitație	Întreprupător de excitație
$Q_2$	Întreprupător de sarcină	Întreprupător de sarcină
$R_c$	Reostat de câmp $100 \Omega$	Reostat de câmp $200 \Omega$
$R_s$	Reostat de sarcină $16 \Omega$	Reostat de sarcină $18 \Omega$
$A_1$	Ampermetru $1$ A;	Ampermetru $1$ A;
$V_1$	Voltmetru $300$ V;	Voltmetru $300$ V;
	Trusă de măsură	Trusă de măsură

În continuare se vor realiza mai multe încercări experimentale pentru a trasa caracteristicile de funcționare ale generatorului sincron autonom, după cum urmează:

1. Caracteristica de mers în gol –  $E_0 = U_0 = f(I_e)$  - se trasează păstrând constantă turația aplicată generatorului și curentul de sarcină având valoarea  $I=0$ .

Pentru a trasa această caracteristică se procedează astfel:

- Se antrenează generatorul cu turație nominală constantă, intrerupătoarele  $Q_1$  și  $Q_2$  fiind deschise;
- Se notează tensiunea remanentă existentă la bornele generatorului  $E_{0rem}$ , produsă de magnetismul remanent;
- Se închide întrerupătorul  $Q_1$ , conectând înfășurarea de excitație la sursa de tensiune continuă.
- Se variază curentul de excitație în sens crescător variind rezistența reostatului  $R_c$  până când tensiunea generată la borne devine  $E_0 = (1,1-1,25)U_N$ . Astfel se completează tabelul 1.

Tabelul 1

$I_e$ [A]	0										S. V.
$E_0$ [V]	$E_{0re}$ $m$										Curba ascendentă
$E_0$ [V]											Curba descendentă

\* S. V. - sensul de variație al curentului;

Se trasează caracteristica de mers în gol cu valorile rezultate, cu cele două porțiuni:

- curba ascendentă (curba 1- Fig. 2);
- curba descendentă (curba 2 - Fig. 2)

Curba 3 din Fig. 2 reprezintă caracteristica de mers în gol a generatorului obținută ca medie între curba ascendentă și curba descendentă.

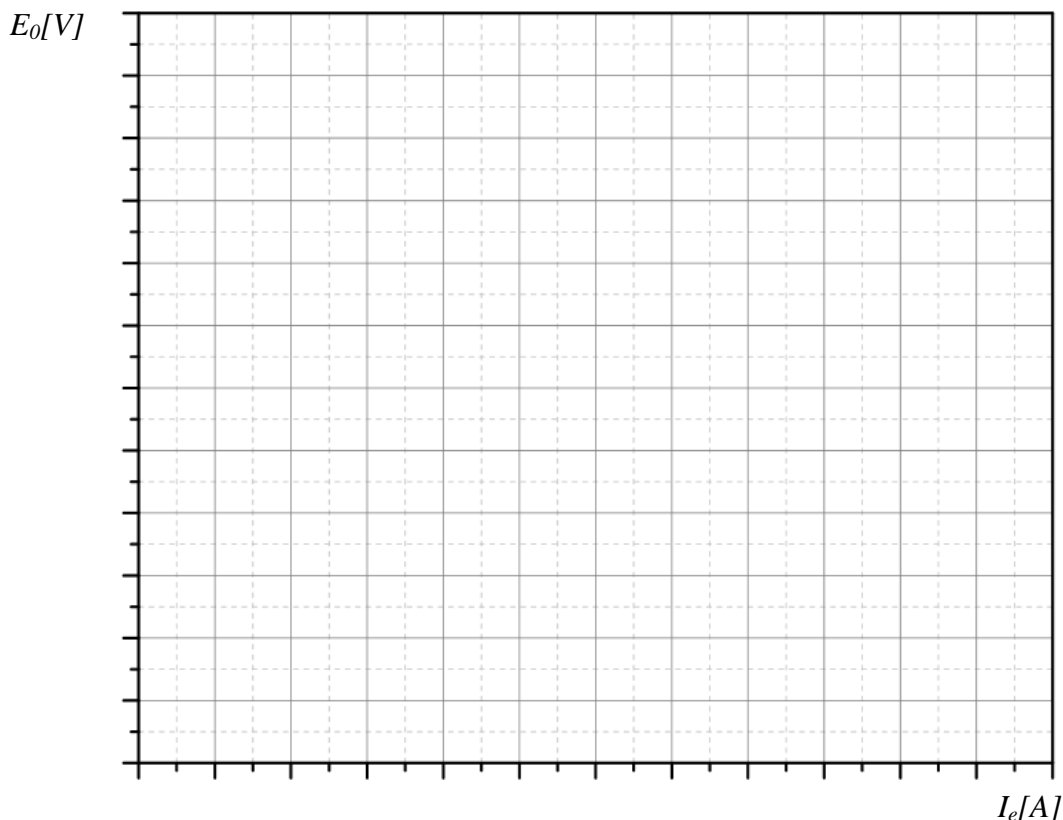


Fig. 2 – Caracteristica de mers în gol

2. Caracteristica de sarcină  $-U=f(I_e)$  - se trasează păstrând constantă turația aplicată generatorului și curentul de sarcină constant.
- Se antrenează generatorul cu turație nominală constantă, intrerupătoarele  $Q_1$  și  $Q_2$  fiind deschise;
- Se închide intrerupătorul  $Q_1$ , conectând înfășurarea de excitație la sursa de tensiune continuă și se variază rezistența  $R_c$  până ce valoarea tensiunii de mers în gol este de  $1,25U_N$ ;
- Se poziționează reostatul de sarcină  $R_s$  pe valoare maximă și se închide intrerupătorul  $Q_2$ .
- Se variază reostatul de sarcină  $R_s$  până ce valoarea curentului de sarcină atinge valoarea nominală.

**OBSERVAȚIE:** - dacă valoarea tensiunii generate scade aceasta se va regla prin variația simultană a reostatului de câmp  $R_c$  și a reostatului de sarcină  $R_s$  până ce tensiunea generată  $U=1,25U_N$  și  $I=I_N$ ; Curentul de excitație în acest moment este la valoarea maximă.

- Se descrește curentul de excitație, aflat la valoare maximă, până la 0 păstrând curentul de sarcină  $I=I_N$  prin variația reostatului de sarcină  $R_s$ ; Astfel se completează tabelul 2 și se trasează caracteristica de sarcină a generatorului descrisă în Figura 3.

Tabelul 2

$I_e[A]$	$I_{em}$								
$U[V]$	$U=1,25U_N$								

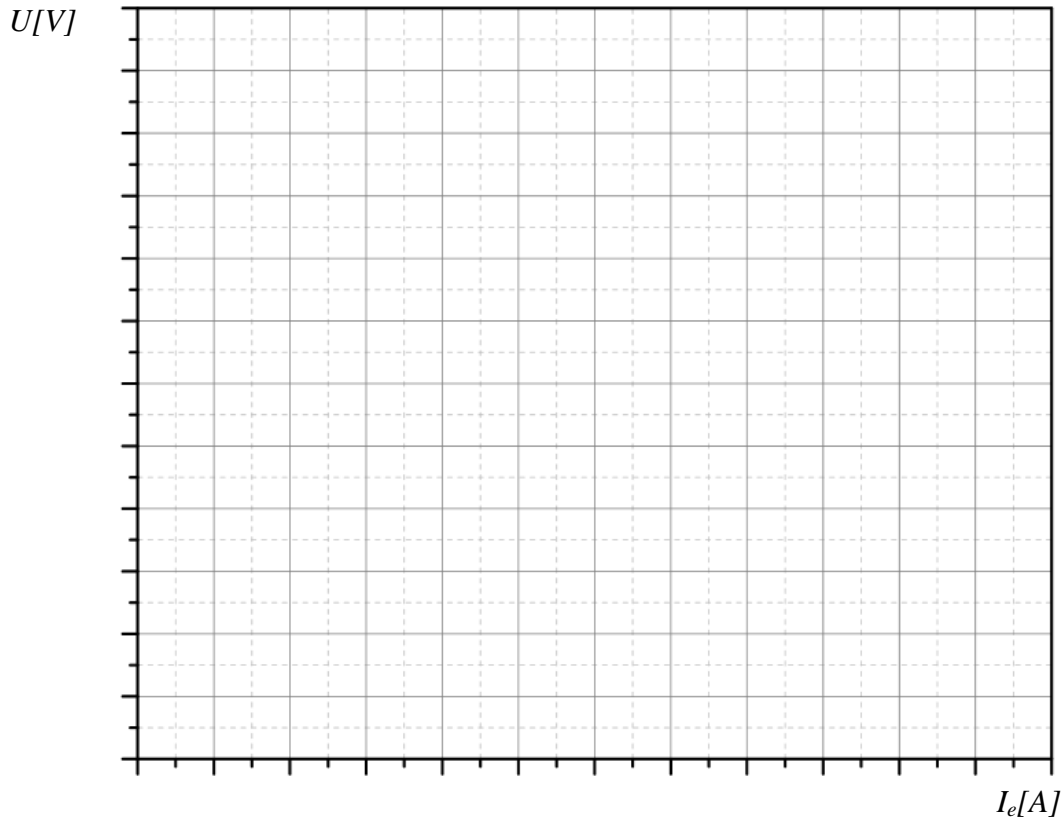


Fig. 3 - Caracteristica de sarcină

3. Caracteristica de externă  $-U=f(I)$  - se trasează păstrând constante curentul de excitație și turația aplicată generatorului.
  - Se antrenează generatorul cu turație nominală constantă, întrerupătoarele  $Q_1$  și  $Q_2$  fiind deschise;
  - Se închide întrerupătorul  $Q_1$ , conectând înfășurarea de excitație la sursa de tensiune continuă și se variază rezistența  $R_c$  până ce valoarea tensiunii la borne este  $U=U_N$ ;
  - Se poziționează reostatul de sarcină  $R_s$  pe valoare maximă și se închide întrerupătorul  $Q_2$ .

- Păstrând constant curentul de excitație se variază curentul de sarcină variind reostatul de sarcină  $R_s$ . În tot acest timp se completează tabelul 3 variind curentul de sarcină până ce acesta atinge valoarea nominală  $I=I_N$ ;

Tabelul 3

$I [A]$										
$U [V]$										

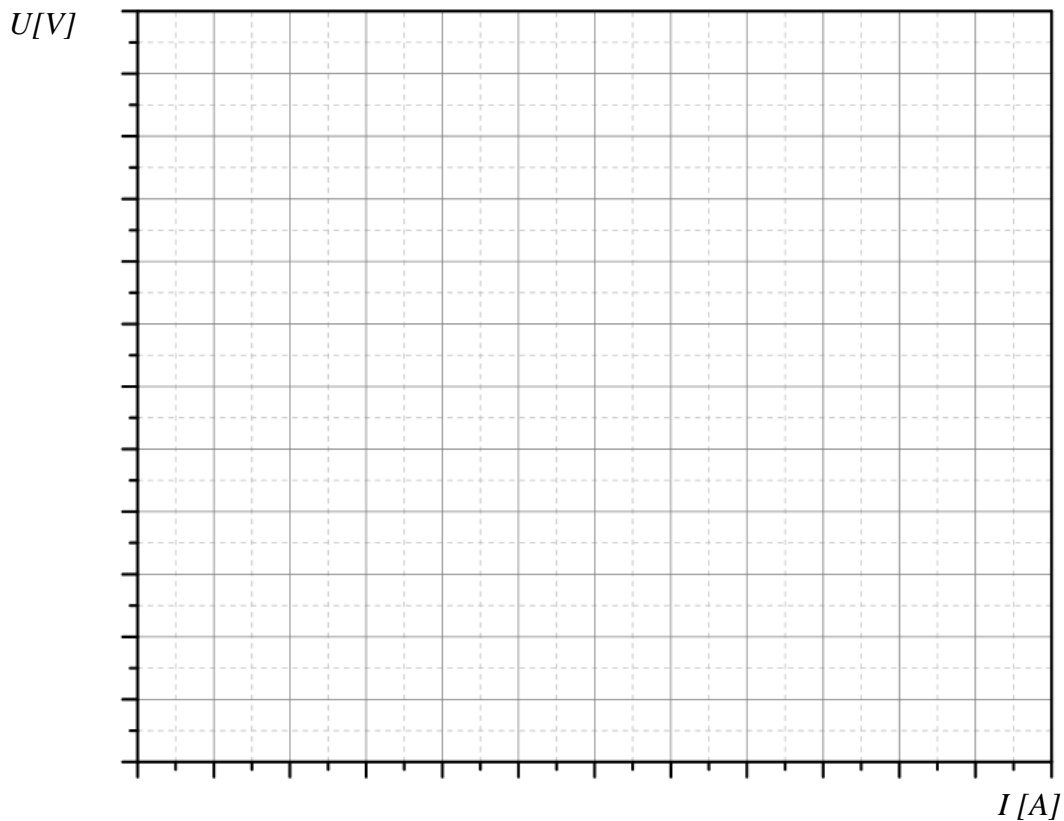


Fig. 4 – Caracteristica externă

**OBSERVAȚIE:** Se observă că odată cu creșterea curentului de sarcină apare o scădere a tensiunii generate. Această cădere de tensiune este estimată la 8-10% din tensiunea nominală a generatorului  $U_N$ .

4. Caracteristica de reglaj  $-I_e=f(I)$  – această caracteristică se trasează în scopul păstrării constante a tensiunii la bornele generatorului la aceeași turație aplicată la arbore.
- Se antrenează generatorul cu turație nominală constantă, întrerupătoarele  $Q_1$  și  $Q_2$  fiind deschise;
  - Se închide întrerupătorul  $Q_1$ , conectând înfășurarea de excitație la sursa de tensiune continuă și se variază rezistența  $R_c$  până ce valoarea tensiunii la borne este  $U=U_N$ ;

- Se închide întrerupătorul  $Q_2$  și se variază în sens crescător curentul de sarcină de la valoare  $I=0$  la nominal ( $I=I_N$ ), căderea de tensiune compensându-se prin creșterea curentului de excitație, completându-se Tabelul 4.

Tabelul 4

$I_e[A]$											$I=I_N$
$I[A]$	$U=U_N$										

Se trasează caracteristica de reglaj din fig. 5.

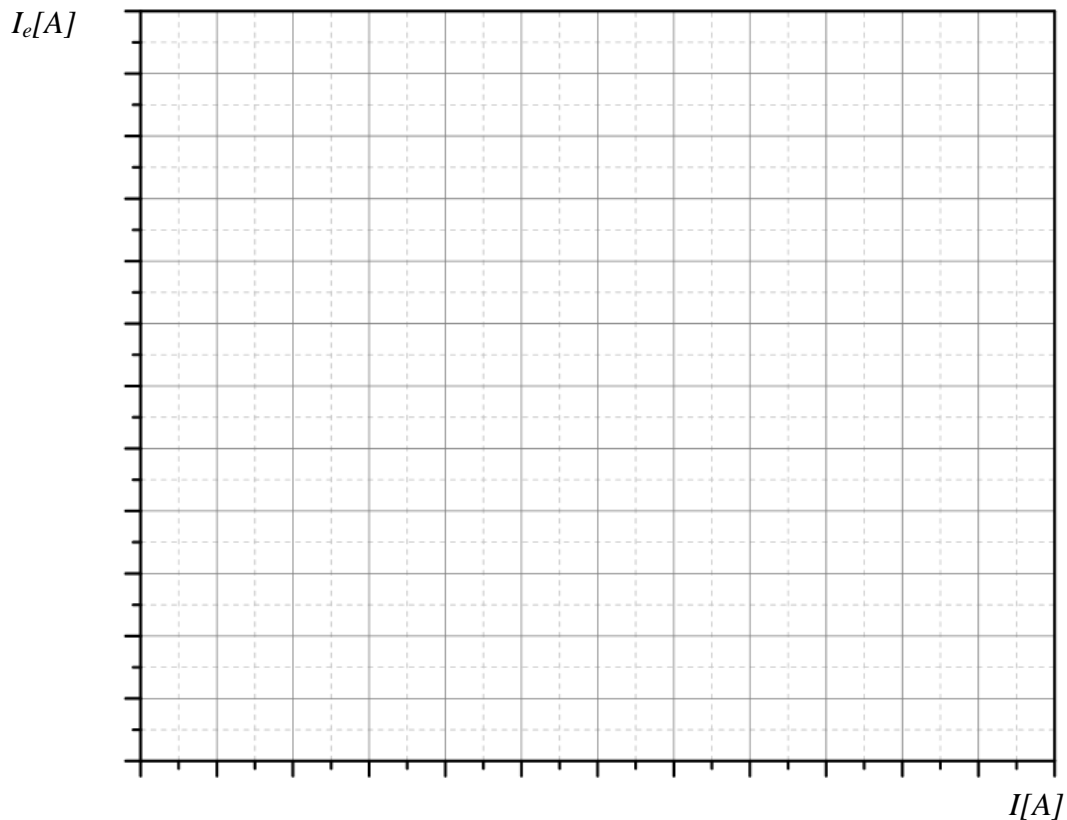


Fig. 5 – Caracteristica de reglaj

**OBSERVAȚIE:** Se observă că odată cu creșterea curentului de sarcină apare o scădere a tensiunii generate. Această cădere de tensiune este estimată la 8-10% din tensiunea nominală a generatorului  $U_N$ .

5. Caracteristica randamentului  $-\eta=f(P_2)$  – această caracteristică păstrând turația și curentul de excitație constante.
- Se antrenează generatorul cu turație nominală constantă, întrerupătoarele  $Q_1$  și  $Q_2$  fiind deschise;



- Se închide întrerupătorul  $Q_1$ , conectând înfășurarea de excitație la sursa de tensiune continuă și se variază rezistența  $R_c$  până ce valoarea tensiunii la borne este  $U=U_N$ ;
- Se închide întrerupătorul  $Q_2$  și se variază în sens crescător curentul de sarcină de la valoarea  $I=0$  la nominal, măsurând la fiecare pas puterea la intrare (la arbore) și puterea la ieșire (puterea consumată de reostatul de sarcină). Astfel se completează Tabelul 5.

- Tabelul 4

$M_1$	$n$	$\omega$	$P_1$	$I$	$U$	$P_2$	$\eta$
[Nm]	[rot/min]	[rad/sec]	[W]	[A]	[V]	[W]	[%]

**În tabelul de mai sus:**

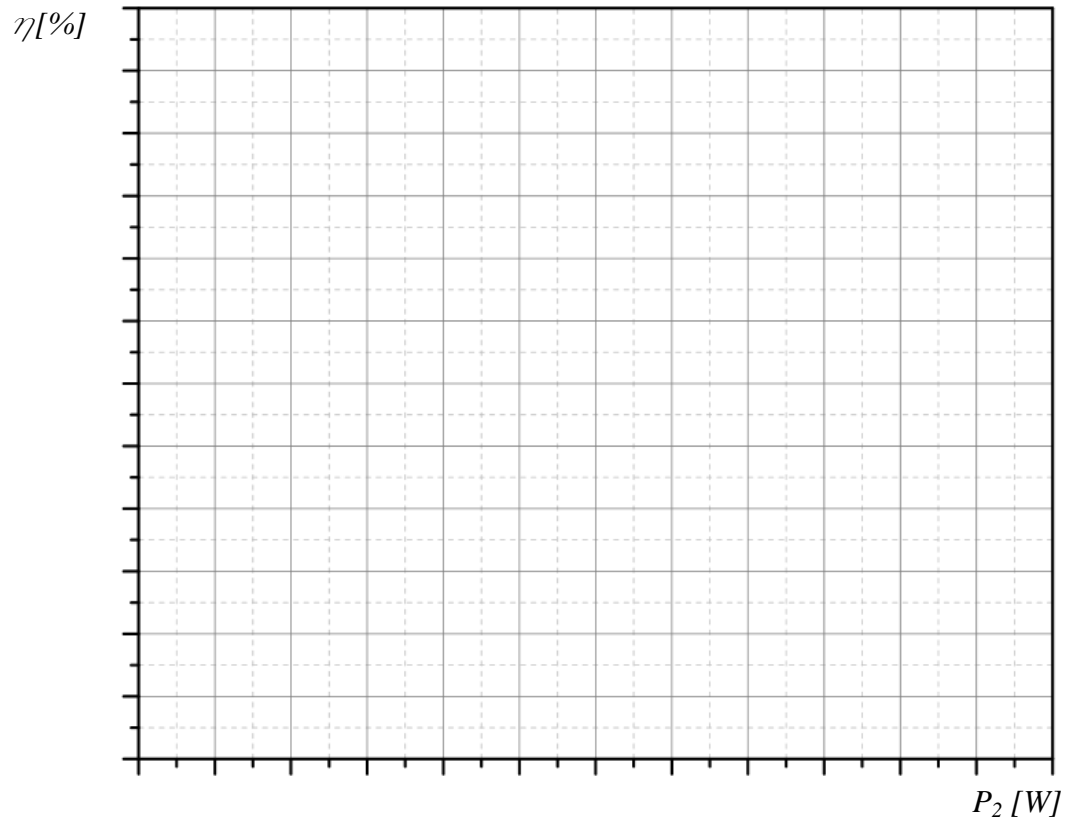
Viteza unghiulară:  $\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} [\text{rad/sec}];$

Puterea aplicată la arbore:  $P_1 = M_1 \cdot \omega [\text{W}];$

Puterea generată la borne:  $P_2 = U \cdot I \cdot \cos\varphi [\text{W}];$

Randamentul generatorului:  $\eta = \frac{P_2}{P_1} \cdot 100 [\%];$

- Se trasează caracteristica randamentului  $\eta=f(P_2)$  din figura 6.



*Fig. 6 – Caracteristica randamentului*