

Măsurare parametrilor

Tematica: Mașini electrice

→ **Capitol:** Mașina sincronă

→ **Secțiunea:**

Tip resursă: Expunere Laborator virtual / Exercițiu CVR

În această lucrare de laborator se va prezenta modalitatea de determinare a parametrilor unei mașini sincrone.

- cunoștințe anterioare necesare:
- nivel: ciclul 2
- resurse ajutătoare:
- durata estimată:
- autor: [Francis Labrique](#)
- realizare: Sophie Labrique
- traducere: [Sergiu Ivanov](#)

Măsurarea parametrilor – enunț

Plăcuța
indicator
de pe
mașină
indică
următoarele
date:

Frecvența nominală: $f_N = 50 \text{ Hz}$

Turația nominală: $n_N = 1500 \text{ t/min}$

Puterea nominală: $S_N = 33 \text{ kVA}$

Conexiunea statorului este în stea (Y)

tensiunea nominală: $U_N = 380 \text{ V}$
curentul nominal: $I_N = 50 \text{ A}$
factor de putere ($\cos \varphi$) nominal:
 $\cos \varphi_N = 0,8 \text{ inductiv}$

Circuitul de excitație

tensiune nominală: $u_{fN} = 80 \text{ V}$
curent nominal: $i_{fN} = 2,50 \text{ A}$

Determinați:

tensiunea nominală de fază U_{fN} și curentul nominal de fază I_{fN}
numărul de perechi de poli p .

Răspuns >>

2. Proba de mers în gol

Mașina, fiind antrenată la viteza nominală, se măsoară tensiunea de linie U_L în gol, în funcție de curentul de excitație (figura 1).

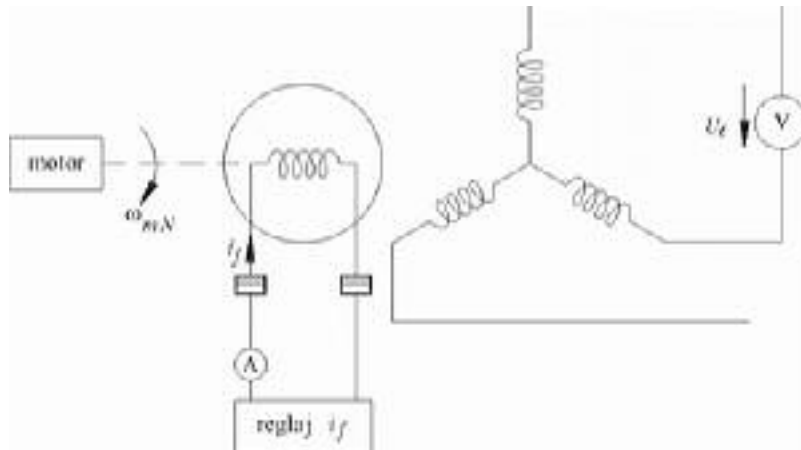


Figura 1

Se obține:

i_f	U_e
0	0
1	250
1,53	380
2	485
2.5	600
3	700

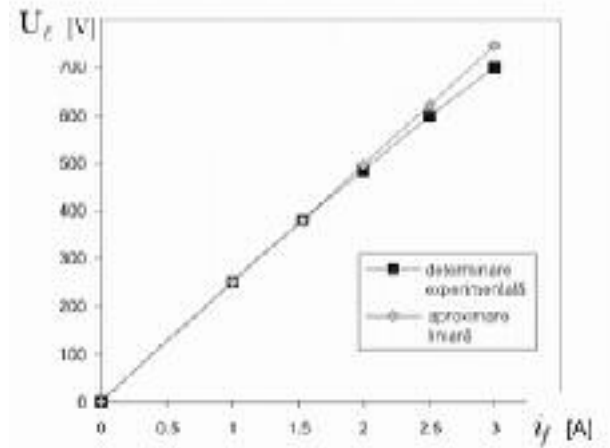


Figura 2

Determinați coeficientul care leagă E_c de i_f , dacă se aproximează această caracteristică printr-o dreaptă ce trece prin origine și prin punctul pentru care U_e este tensiunea nominală a tensunii mașinii

Răspuns >>

3. Proba de scurt-circuit

Mașina, fiind antrenată la viteza nominală, iar indusul pus în scurt-circuit trifazat (figura 3), se măsoară curentul de linie debitat I_s , în funcție de curentul de excitație (figura 4).

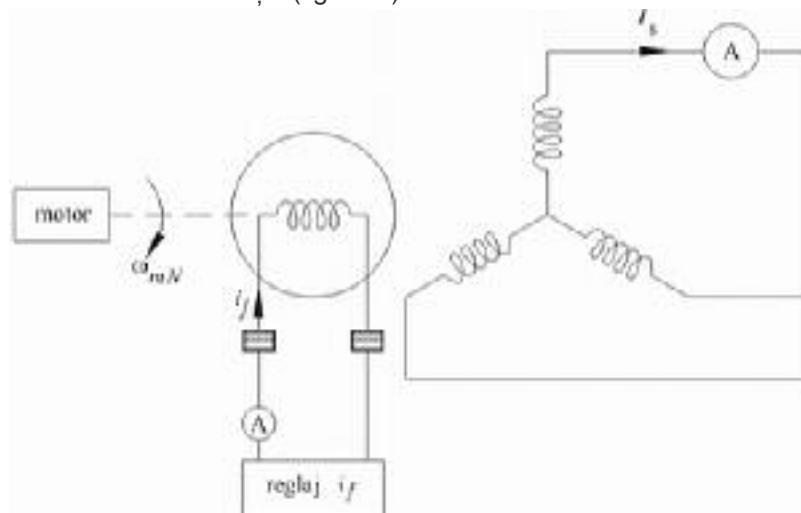


Figura 3

Se obține:

i_f	I_a
0	0
1	40,5
1,5	60,75

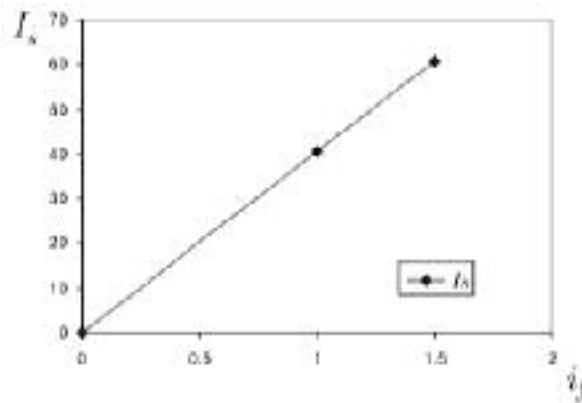


Figura 4

Se măsoară, de asemenea, puterea furnizată de motorul de antrenare. Trecerea de la punctul de funcționare corespunzător curentului de excitație $i_f = 0$, la cel corespunzător valorii $i_f = 1,235 \text{ A}$, pentru care curentul din indus I_a atinge valoarea sa nominală (50 A), face ca puterea furnizată să crească cu $\Delta P_{mecc} = 300 \text{ W}$.

Calculați reactanța sincronă $jX_s = j\omega_{e,N} L_{cs}$ și rezistența R_{cs} înfășurărilor indusului.

Răspuns >>

1. Ajutor

- Valorile nominale ale tensiunii și curentului statoric, indicate pe plăcuță, sunt mărimi de linie.
- Numărul de perechi de poli, reprezintă legătura dintre viteza electrică și viteza mecanică, atunci când acestea sunt exprimate în aceeași unitate de măsură (de exemplu în radiani/sec).

2. Ajutor

U_l este una din tensiunile de linie.

E_c este tensiunea electromotoare indusă într-una dintre faze.

3. Ajutor

Utilizați schema echivalentă a unei faze, considerând $U_N = 0$ (figura 4.16 din capitolul 4 al cărții).

Întrebarea 1: răspuns

$$U_{lN} = 220 \text{ V}$$

$$I_{lN} = 50 \text{ A}$$

$$p = 2$$

Întrebarea 1: demonstrație

Deoarece înfășurarea statorică este conectată în stea:

- tensiunea nominală de fază este de $\sqrt{3}$ ori mai mică decât tensiunea nominală de linie:

$$U_{fN} = \frac{U_N}{\sqrt{3}}.$$

- curentul nominal de fază este egal cu curentul nominal de linie:

$$I_{LN} = I_N$$

Numărul de perechi de poli p se obține împărțind viteza unghiulară electrică nominală $\omega_{e,N}$ la viteza unghiulară mecanică nominală $\omega_{m,N}$.

Viteza unghiulară electrică este:

$$\omega_{e,N} = 2\pi f_N = 100\pi$$

Viteza unghiulară mecanică se obține din turație (rot/min), prin reducerea acesteia la rot/sec și apoi multiplicând rezultatul cu 2π :

$$\omega_{m,N} = \frac{1500}{60} 2\pi = 50\pi$$

Rezultă $p = 2$.

Întrebarea 2: răspuns

$$E_0 = 142i_f$$

$$U_t = 246i_f$$

Întrebarea 2: demonstrație

Tensiunea nominală a mașinii este 380V. Pentru $U_t = 380V$, curentul i_f este de 1,53 A;

rezultă

$$U_t = 246i_f$$

În gol $I_s = 0$, deci $E_0 = U_N$ (figura 1). Tensiunea măsurată este cea de linie, care este de $\sqrt{3}$ mai mare decât tensiunea de fază U_N , rezultând

$$E_0 = \frac{246}{\sqrt{3}} i_f = 142i_f$$

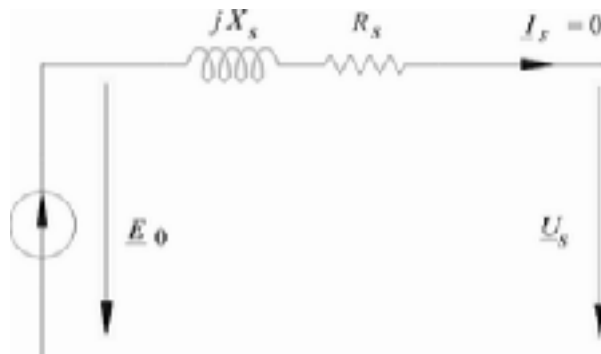


Figura 1

Întrebarea 3: răspuns

$$jX_s = 3,51j\omega$$

$$R_s = 0,04\omega$$

Întrebarea 3: demonstrație

Se utilizează schema echivalentă pe fază (figura 1).

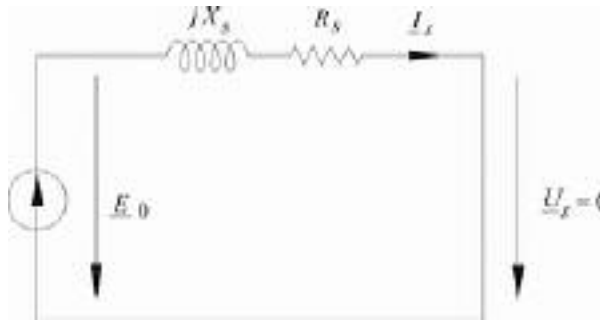


Figura 1

Deoarece indusul este în scurtcircuit, $U_s = 0$ și deci:

$$I_s = \frac{E_0}{R_s + jX_s},$$

sau în modul

$$I_s = \frac{E_0}{\sqrt{R_s^2 + X_s^2}}$$

Pentru o anumită valoare a curentului de excitație i_f , de exemplu $i_f = 1 \text{ A}$, se obține:

- din proba de mers în gol

$$E_0 = 142i_f = 142V$$

- din proba de scurt-circuit

$$I_s = 40,5A$$

Rezultă

$$Z_s = \sqrt{R_s^2 + X_s^2} = \frac{142}{40,5} = 3,5062\Omega \sim 3,51\Omega$$

Creșterea puterii mecanice furnizate de către motorul de antrenare, atunci când i_f se modifică de la zero la 1,23 A, corespunde pierderilor Joule datorate curentului din înfășurarea indusului. Ținând cont că:

- pierderile mecanice nu se modifică, deoarece turația este constantă;
- pierderile magnetice se pot neglija, deoarece mașina este în scurt-circuit și lucrează, practic, cu flux total nul;
- puterea consumată în circuitul inductorului provine de la sursa ce îl alimentează,

creșterea puterii consumate nu poate, deci, corespunde decât pierderilor Joule datorate curentului din indus. Se poate scrie:

$$\Delta P_{mecca} = 3 R_s I_s^2$$

De unde

$$R_s = \frac{\Delta P_{mecca}}{3 I_s^2} = 0,04 \Omega$$

Rezultă:

$$X_s = \omega_{s,N} L_{cs} = \sqrt{Z_s^2 - R_s^2} = 3,5059 \Omega \sim 3,51 \Omega$$

Se poate verifica faptul că valoarea $X_s = \omega_{s,N} L_{cs}$ este practic aceeași pe care am obține-o neglijând R_s în schema echivalentă din figura 1 și scriind (figura 2):

$$I_s = \frac{E_0}{j \omega_{s,N} L_{cs}} = \frac{E_0}{j X_s}$$

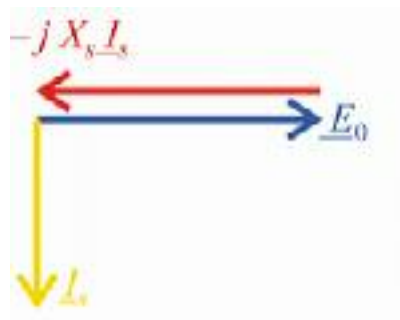


Figura 2

De exemplu, pentru $i_f = 1 \text{ A}$, se obține $E_0 = 142 \text{ V}$, $I_s = 40,5 \text{ A}$, de unde:

$$X_s = \omega_{s,N} L_{cs} = \frac{142}{40,5} = 3,5062 \Omega \simeq 3,51 \Omega$$

Observație: R_s și X_s se pot calcula și prin estimarea factorului de putere $\cos \varphi$. Pentru $i_f = 1,235 \text{ A}$, se obțin:

$$\Delta P_{mecca} = 300 \text{ W},$$

$$I_s = 50 \text{ W},$$

$$E_0 = 175,3,$$

din care rezultă:

$$\cos \varphi = \frac{\Delta P_{mech}}{3E_Q I_n} = 0,011$$

Curentul I_n este defazat cu $-89,34^\circ$ în urma tensiunii electromotoare E_Q . Argumentul ψ al impedanței Z_n este deci, de $89,34^\circ$.
Rezultă:

$$R_n = Z_n \cos \psi = 0,040$$

$$X_n = \omega_{s,N} L_{cs} = Z_n \sin \psi = 3,5059 \simeq 3,51$$