

## Funcționarea autonomă

**Tematica:** *Mașini electrice*

→ **Capitol:** *Mașina sincronă*

→ **Secțiunea:**

**Tip resursă:**    *Expunere*       *Laborator virtual / Exercițiu*       *CVR*

În acest laborator se va studia funcționarea autonomă a generatoarelor sincrone.

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

# Funcționarea autonomă – enunț

## 0. Schema

În figura 1 este reprezentată schema pentru funcționarea autonomă a generatorului sincron.

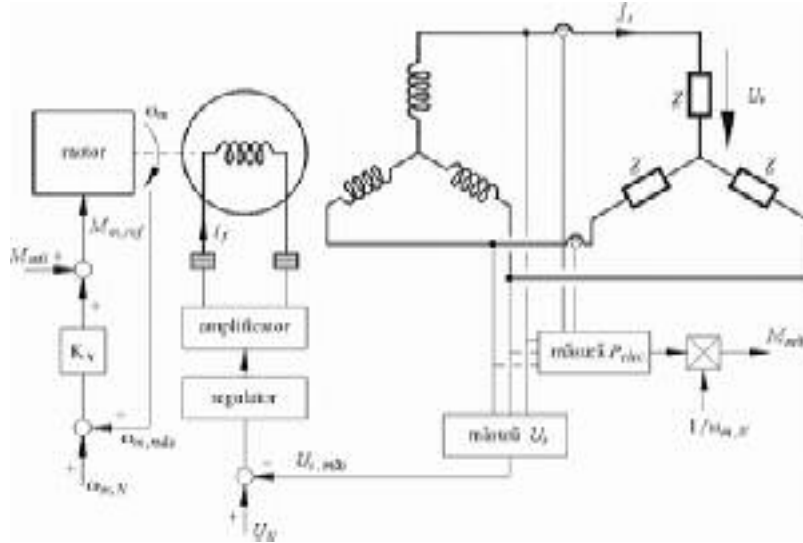


Figura 1

Motorul de antrenare este dotat cu un regulator, ce are rolul de a menține viteza de rotație, constantă și egală cu cea nominală, prin reglarea cuplului furnizat de către acesta. Acest regulator are ca semnale de intrare viteza de referință  $\omega_{m,r}$ , viteza reală a grupului și, eventual, un termen de acțiune predictivă  $M_{m0}$ , egal cu cuplul electromagnetic corespunzător puterii active măsurate la bornele mașinii sincrone.

Circuitul de alimentare a inductorului este dotat cu un regulator, ce are rolul de a menține valoarea eficace la bornele înfășurării inductorului, constantă și egală cu valoarea nominală. Ea determină curentul  $i_f$  care circulă în înfășurarea inductoare, de excitație.

## 1. Punctul nominal de funcționare

În punctul nominal de funcționare, mașina sincronă debitează curentul nominal, cu factorul de putere  $\cos \varphi$  nominal (inductiv)..

Calculați

impedanța  $Z_N$  a sarcinii,  
curentul de excitație  $i_f$ ,  
cuplul electromagnetic dezvoltat de mașină,

pentru condițiile de funcționare corespunzătoare punctului nominal.

Răspuns >>

## 2. Evoluția curentului de excitație, în funcție de sarcină

Pentru a studia cum evoluează curentul de excitație, comandat de către regulatorul de tensiune, pentru a menține constantă tensiunea la bornele generatorului, trebuie să se țină seama de doi parametri (figura 2) :

primul corespunde defazajului  $\varphi$  pe care sarcina îl impune, între tensiunea la bornele sale și curentul pe care îl absoarbe. Unghiul  $\varphi$  (defazajul tensiunii de fază  $U_N$  față de  $I_N$ ) este pozitiv în cazul în care curentul este în urma tensiunii (sarcină inductivă), negativ dacă este în fața tensiunii (sarcină capacitivă);

al doilea corespunde valorii eficace a curentului pe care îl absoarbe sarcina (de la zero la  $I_N$ ).

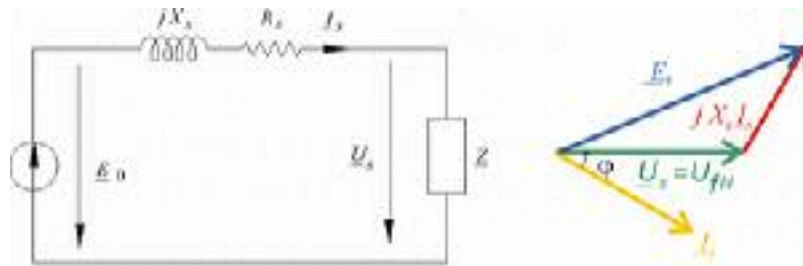
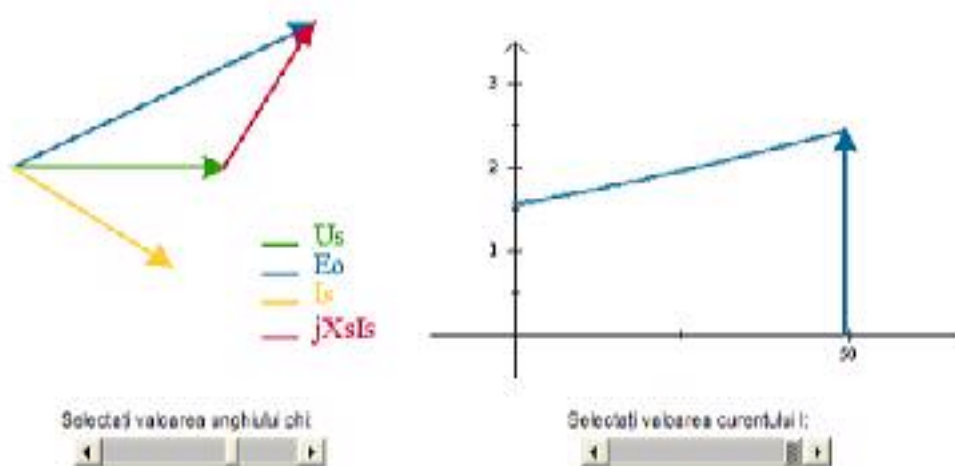


Figura 2

În animația de mai jos, puteți vizualiza cum trebuie să evolueze curentul de excitație  $i_f$ , în funcție de cei doi parametri, modificându-le valorile.



Ajutor

Neglijând rezistența  $R_s$ , calculați expresia ce leagă curentul  $i_f$  de curentul debitat  $I_N = I_N e^{j\varphi}$ , în cazul în care regulatorul menține constantă valoarea eficace a tensiunii  $U_N$ , la valoarea sa nominală  $U_{fN} = 220 \text{ V}$ . Trasați curbele  $(i_f, I_N)$  pentru diferite valori ale defazajului  $\varphi$ .

Răspuns >>

## 1. Ajutor

Trasați diagrama fazorială, indicând legătura care există, între tensiunea la bornele mașinii  $U_N$ , pe de o parte, și  $E_0$  și  $I_N$ , pe cealaltă parte.

## 2. Ajutor

Trasați diagrama fazorială ce exprimă legătura dintre  $\underline{U}_s$  și  $\underline{E}_0$ ,  $\underline{I}_N$ , neglijând termenul  $\underline{R}_s \underline{I}_N$ . Faceți un raționament fundamentat geometric.

### Întrebarea 1: răspuns

- $Z = 4,4 \Omega ; 36,9^\circ$
- $i_f = 2,5 \text{ A}$
- $M_{\text{em}} = 170 \text{ Nm}$

### Întrebarea 1: demonstrație

Diagrama fazorială corespunzătoare punctului nominal de funcționare, este reprezentată în figura 1.

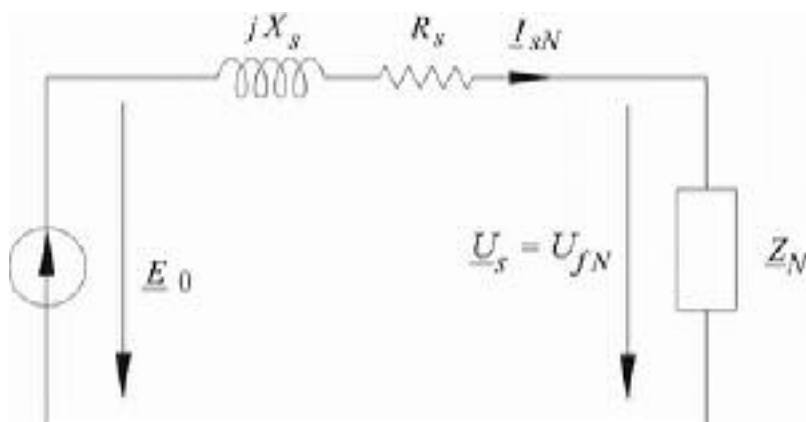


Figura 1a

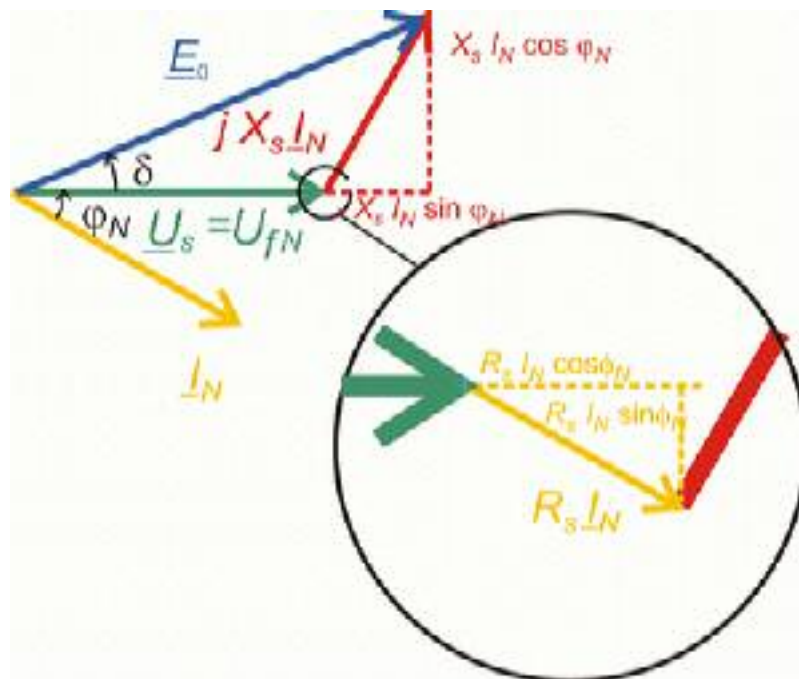


Figura 1b

Impedanța  $Z_N$  are

- modulul  $Z$ , egal cu  $U_{fN} / I_N$ , respectiv

$$Z = \frac{220}{50} = 4,4$$

- faza  $\varphi$ , egală cu defazajul tensiunii  $U_{fN}$  față de curentul  $I_N$  (minus defazajul lui  $I_N$  față de  $U_{fN}$ ). Cum punctul nominal corespunde unei funcționări inductive, respectiv  $U_{fN}$  în fața lui  $I_N$ , rezultă:

Rezultă

$$E_0 = \left[ (U_{fN} + R_s I_N \cos \varphi_N + X_s I_N \sin \varphi_N)^2 + (X_s I_N \cos \varphi_N - R_s I_N \sin \varphi_N)^2 \right]^{1/2},$$

de unde

$$E_0 = 355V$$

Cum  $E_0 = 142 i_f$ :

$$i_f = 2,5A$$

Cuplul electromagnetic pe care îl dezvoltă mașina corespunde puterii electrice  $P_{elec}$  pe care o produce.

Puterea  $P_{elec}$  va fi:

$$P_{elec} = M_{em} \omega_{m,N} = 3E_0 I_N \cos(\delta + \varphi_N)$$

cu

$$\delta = \arcsin \left( \frac{X_s I_N \cos \varphi_N - R_s I_N \sin \varphi_N}{E_0} \right)$$

Rezultă:

$$M_{em} = \frac{P_{elec}}{\omega_{m,N}} = 170 Nm$$

Nu vom face o eroare semnificativă dacă, pentru a calcula puterea electrică, vom neglija pierderile Joule  $3R_s I_N^2$  în înfășurarea statorică și am scrie:

$$P_{elec} = 3 U_{fN} I_N \cos \varphi_N.$$

$$\varphi = \varphi_N = \arccos(0.8) = 36,8^\circ$$

Rezultă că, utilizând această relație, obținem  $P_{elec} = 26,4 kW$  în loc de  $26,7 kW$ , adică o eroare de  $1,1\%$ .

## Întrebarea 2: răspuns

$$i_f = \frac{1}{142} [(U_{fN} + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi)^2]^{1/2}$$

## Întrebarea 2: demonstrație

Dacă se neglijează  $R_s$ , rezultă diagrama fazorială din figura 1, din care

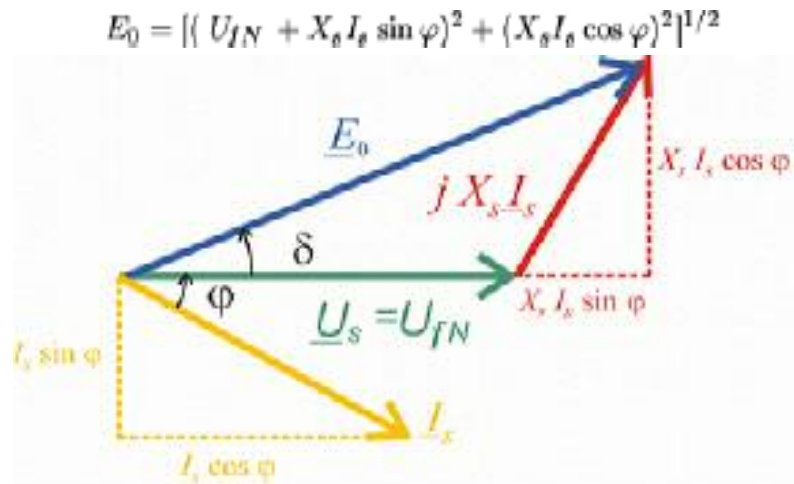


Figura 1

Cum  $E_0 = 142 i_f$ , se obține în final:

$$i_f = \frac{1}{142} [(U_{fN} + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi)^2]^{1/2}$$

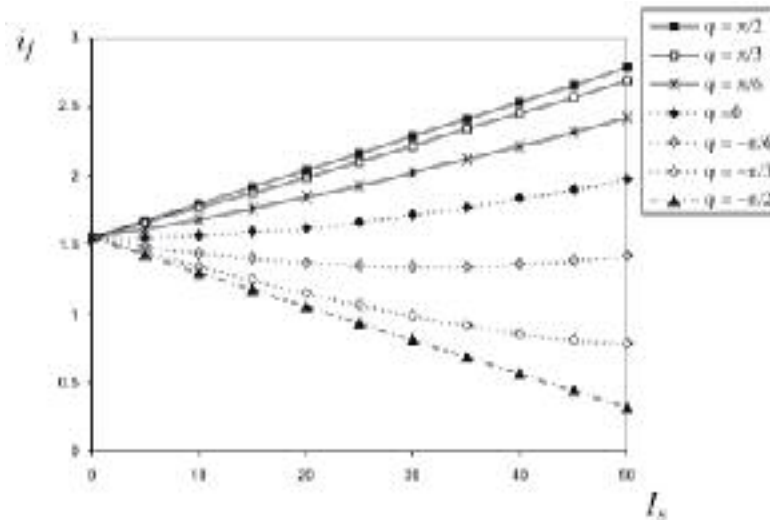


Figura 2