

CURS 18

MAȘINI ELECTRICE

Mașina sincrona

CONTINUT

- ☐ **Elementele constructive ale mașinii sincrone (MS)**
 - ☐ **Mărimi nominale**
 - ☐ **Principiul de funcționare a MS in regim de generator**
 - ☐ **Caracteristicile generatorului sincron**
 - ☐ **Puterile, cuplurile si randamentul generatorului sincron**
-

□ Mașina sincrona

Mașina sincrona (MS) este o mașina de **curent alternativ a carei turație este constanta**, indiferent de regimul de funcționare și de valoarea sarcinii.

Cea mai largă răspândire o are **MS** în regim de **generator sincron trifazat** – folosit la toate centralele de producere a energiei electrice.

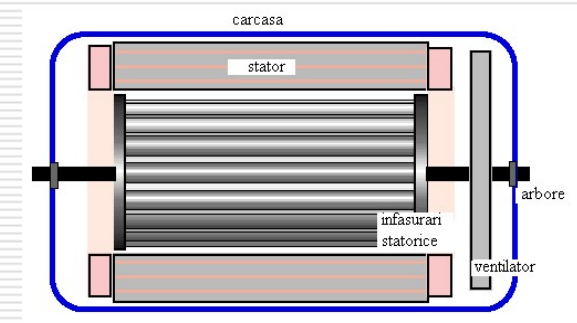
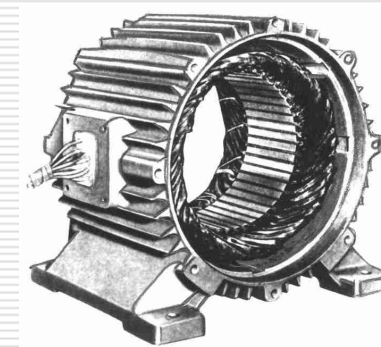
MS poate funcționa și în **regim de motor** – folosit în acționările de mare putere, care nu necesită reglajul turației și porniri prea dese.

□ Elementele constructive ale MS

Ca orice mașină electrică rotativă, MS este formată din cele două părți principale:

- **partea fixă – statorul (indus)**
- **partea mobilă – rotorul (inductor)**

Statorul este compus din carcasă, miezul magnetic statoric, confecționat din tole de oțel electrotehnic de formă cilindrică cu creștături interioare în care se situează înfășurările statorului.



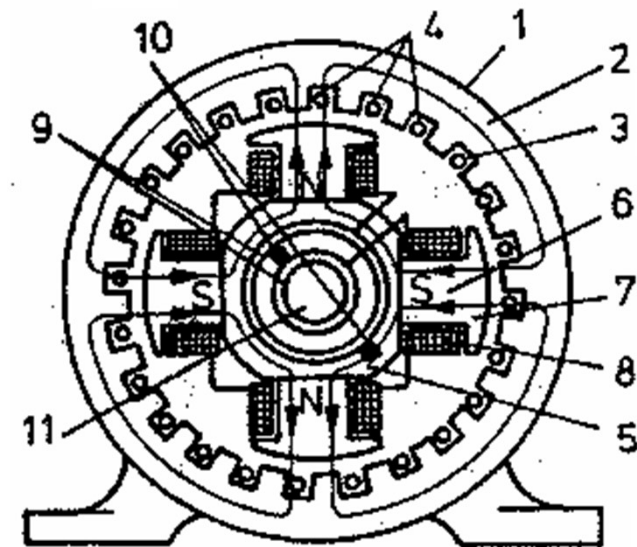
Intre stator si rotor ramane un spațiu de aer numit **intrefier**.

□ Elementele constructive ale MS

Rotorul poate fi:

- cu poli aparenti
- cu poli înecați

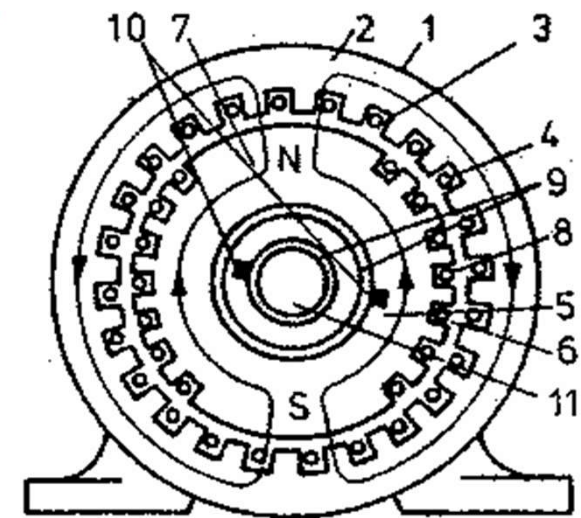
Rotorul cu poli aparenti este construit dintr-un cilindru de oțel **5** (jugul rotoric) pe care sunt fixați polii inductori (**6** miezul polar și **7** talpa polara). Infasurarile polilor rotorici **8** (infășurări de excitație) sunt alimentate în serie cu curent continuu, a. i. să apară succesiv la periferia rotorului poli de polaritate diferită.



- se folosește ptr. **turații < 1000 rot/min**, la turații mai mari nu se poate asigura o rezistență mecanică suficientă a rotorului.

□ Elementele constructive ale MA

Rotorul cu poli înecați este construit dintr-un cilindru de oțel **5**, prevăzut cu creștături longitudinale **6** în care se asează înfășurarea de excitație **8**. Rotorul nu prezintă creștături pe toată periferia, ci este prevăzut cu un dinte mai lat **7**, în axa fiecărui pol.



La ambele tipuri de rotoare, curentul continuu necesar alimentării înfășurării de excitație, se aduce prin două inele de contact **9**. Pe inele freacă două perii (grafit) care fac legătura cu excitatoarea.

Excitatoarea poate fi: → un generator de c.c. cu excitație derivație;
→ un generator sincron a carei tensiune este redresată.

- se folosește ptr. **turații > 1000 rot/min** (1500 și 3000 rot/min) deoarece prezintă o rezistență mecanică mai ridicată și un întrefier constant.

□ Mărimi nominale

Regimul nominal de funcționare este caracterizat prin următoarele mărimi nominale, înscrise de regulă pe plăcuța indicatoare a mașinii:

- puterea nominală (P_n) – [kW];
 - tensiunea nominală de linie (U_n) – [kV];
 - curentul nominal de linie (I_n) – [A];
 - schema de conexiuni a înfășurărilor statorice (Y sau D);
 - randamentul nominal (η_n) – [%];
 - frecvența nominală (f_n) – [Hz];
 - turația nominală (n_n) – [rot/min];
 - tensiunea și curentul de excitație la sarcina nominală;
 - clasa de izolație și gradul de protecție.
-

□ Principiul de funcționare a MS in regim de generator

Prin alimentarea înfasurarii de excitație a rotorului cu c.c., la periferia sa apare un câmp magnetic fix fata de rotor, căruia îi corespunde un flux magnetic (Φ_m).

Prin rotirea rotorului generatorului de către o mașina primara, apare un câmp magnetic învârtitor produs pe cale mecanica, având turația n , fata de stator.

In fazele statorului se va induce tensiuni electromotoare de frecventa:

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \quad \xrightarrow{\text{numărul de perechi de poli ai rotorului.}}$$

$$U_{e0} = 4.44 \cdot k_1 \cdot N_1 \cdot f \cdot \Phi_m \quad \longrightarrow \text{t.e.m. indusa intr-o faza statorica}$$

□ Principiul de funcționare a MS in regim de generator

Daca infasurarea statorica este o înfasurare de c.a. trifazata si simetrica, in ea se vor induce t.e.m. trifazate simetrice, prin conectarea lor la o sarcina echilibrata, infasurarea va fi parcursa de un sistem trifazat simetric de curenți, care vor da naștere la un câmp magnetic învârtitor statoric, care se rotește cu aceeași turație ca si rotorul mașinii.

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p_s} = \frac{60}{p_s} \cdot \frac{p \cdot n}{60} = n \quad [\text{rot/min}].$$



Nr. de perechi de poli ai înfasurarii statorice

□ Comparație între MA și MS

- La ambele mașini, câmpul magnetic învârtitor statoric are aceeași turație (turația de sincronism):

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p}$$

- La MA, câmpul magnetic învârtitor rotoric este produs prin inducție electromagnetica de către câmpul magnetic învârtitor statoric, și se rotește față de rotor cu turația:

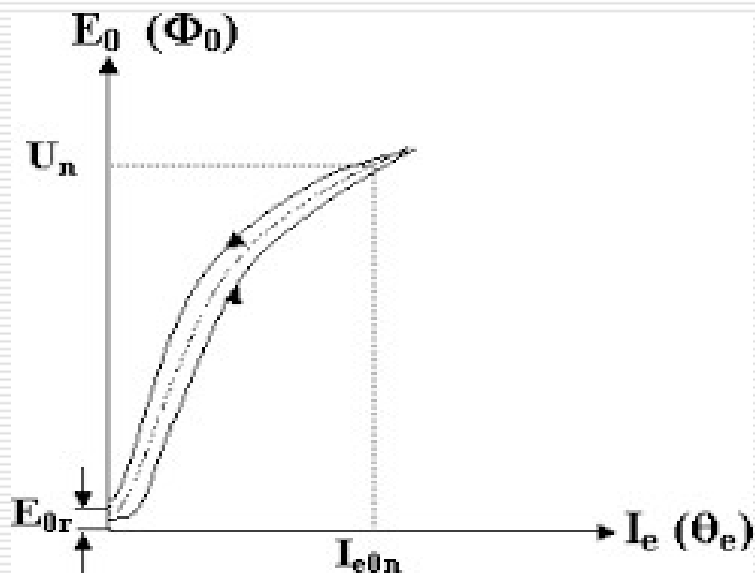
$$n_2 = n_1 - n.$$

- La MS, câmpul magnetic învârtitor rotoric este produs de o înfasurare de c.c.
-

□ Caracteristicile generatorului sincron

Caracteristica de funcționare in gol $\rightarrow U_{e0}=f(I_e)$

Dependenta tensiunii electromotoare (U_{e0}) in funcție de curentul de excitație (I_e), la $n=\text{const.}$ si curent de sarcina nul ($I=0$).



1 - ramura ascendenta, obținuta prin creșterea I_e ($0 \div 1.2U_n$).

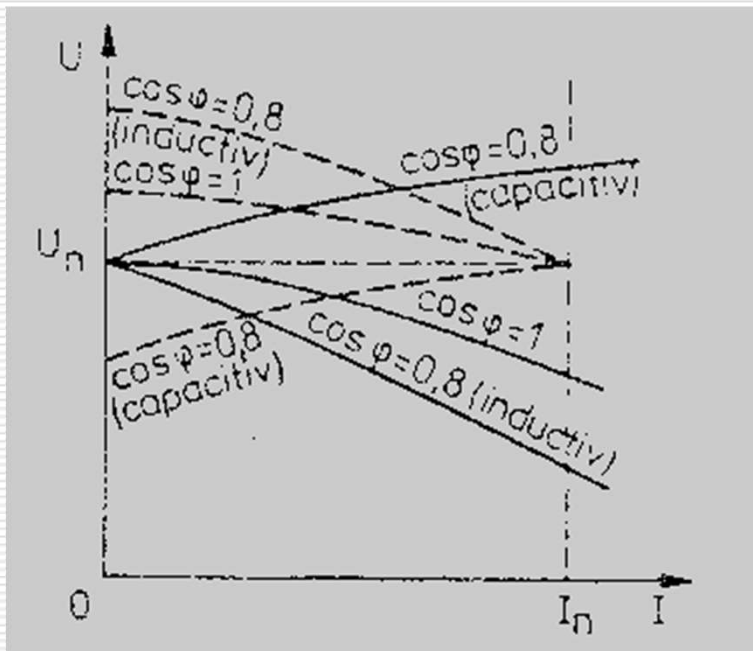
2 - ramura descendenta, obținuta prin micșorarea I_e .

Ptr. $I_e=0$ se obține tensiunea remanenta $U_{e0r}=(4...8\%)U_n$.

□ Caracteristicile generatorului sincron

Caracteristica externa $\rightarrow U=f(I)$

Dependenta tensiunii la borne (U) in funcție de curentul de sarcina (I), la $n=\text{const.}$, $I_e=\text{const.}$ si $\cos\varphi=\text{const.}$

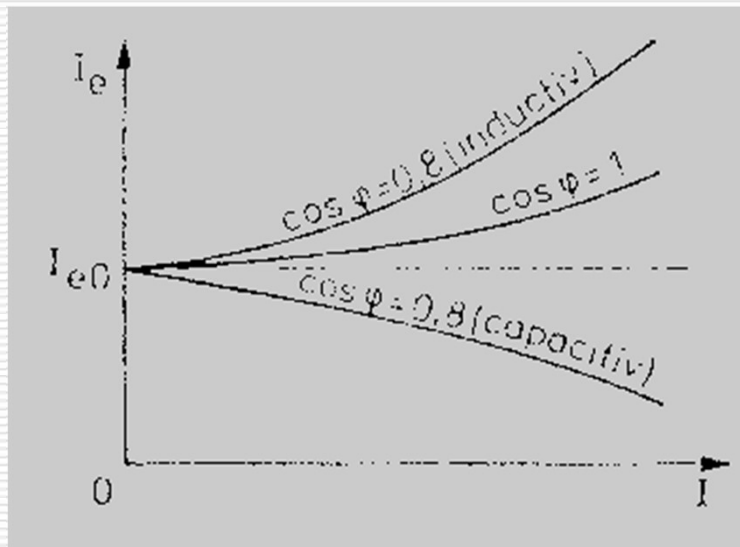


1. - la funcționarea in gol a generatorului se impune ca $U_{e0}=U$;
- la funcționarea in sarcina, tensiunea se va modifica in funcție de caracterul sarcinii.
2. Generatorul debitează curentul nominal la tensiunea de borne nominala.

□ Caracteristicile generatorului sincron

Caracteristica de reglaj $\rightarrow I_e = f(I)$

Dependenta curentului de excitație (I_e) în funcție de curentul de sarcină (I), la $n = \text{const.}$, $U = \text{const.}$ și $\cos \varphi = \text{const.}$



1. Pentru menținerea $U = \text{const.}$ în cazul **sarcinilor rezistive și inductive** este necesară o creștere a curentului de excitație odată cu creșterea curentului de sarcină.
2. La **sarcina capacitive** este necesară scăderea curentului de excitație la creșterea curentului de sarcină.

□ Puterile, cuplurile si randamentul generatorului sincron

Puterea electromagnetica **P** transmisa de rotor statorului:

$$P = P_1 - p_m - P_{ex}$$

P_1 – puterea mecanica de la arbore pe care generatorul o primește de la motorul primar de antrenare;

p_m – pierderi mecanice (frecarea in lagăre, antrenarea ventilatorului);

P_{ex} – puterea excitatoarei.

$$P_2 = P - p_{Cu} - p_{Fe} = P_1 - (p_m + P_{ex} + p_{Cu} + p_{Fe})$$



Puterea activa utila debitata de generator.

□ Puterile, cuplurile si randamentul generatorului sincron

Cuplurile care apar in funcționarea generatorului sincron sunt:

1. Cuplul motor (M_1):

$$M_1 = \frac{P_1}{\Omega} \quad \begin{array}{l} \leftarrow \text{putere mecanica} \\ \leftarrow \text{viteza unghiulara sincrona} \end{array}$$

2. Cuplul electromagnetic (M):

$$M_1 = \frac{P}{\Omega}$$

3. Cuplul de funcționare in gol (M_0):

$$M_0 = \frac{P_0}{\Omega} \quad \begin{array}{l} \leftarrow \text{puterea necesara acoperirii pierderilor la funcționarea} \\ \text{in gol.} \end{array}$$

□ Puterile, cuplurile si randamentul generatorului sincron

Randamentul generatorului sincron:

$$\eta_G = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + p_m + P_{ex} + p_{Cu} + p_{Fe}}$$

10 ÷ 100 kVA - $\eta = 90 \div 95$ % crescând pana la valoarea de 98.5 % pentru puteri nominale de 250 MVA.

Subiecte examen

1. Mașina sincrona – generalitati, funcționalitate.
2. Elementele constructive ale mașinii sincrone – detaliat.
3. Determinați valoarea turației rotorice pentru nr. de perechi de poli, $p=2$, si specificați tipul de rotor care se poate utiliza la mașinile sincrone.
4. Determinați valoarea turației rotorice pentru nr. de perechi de poli, $p=4$, si specificați tipul de rotor care se poate utiliza la mașinile sincrone.
5. Mărimile nominale care caracterizează regimul nominal de funcționare al mașinii sincrone .
6. Funcționarea mașinii sincrone ca generator – producerea câmpului magnetic învârtitor.
7. Comparație între mașina asincrona si mașina sincrona privind producerea câmpului magnetic învârtitor rotoric .
8. Caracteristica de funcționare în gol a generatorului sincron – reprezentare grafică + explicații.
9. Caracteristica externă a generatorului sincron în funcție de caracterul sarcinii – reprezentare grafică + explicații.
10. Caracteristica de reglaj a generatorului sincron în funcție de caracterul sarcinii – reprezentare grafică + explicații.
11. Puterea electromagnetică transmisă de rotor statorului - formula, semnificație mărimi.
12. Puterea activă utilă debitată de generator - formula, semnificație mărimi.
13. Cuplul motor la funcționarea generatorului sincron - formula, semnificație mărimi.
14. Cuplul electromagnetic la funcționarea generatorului sincron - formula, semnificație mărimi.
15. Cuplul de funcționare în gol la funcționarea generatorului sincron - formula, semnificație mărimi.
16. Randamentul generatorului sincron – definiție, formula, semnificație mărimi, valoare în funcție de ordinul de putere.