

REGLAREA TENSIUNII GENERATORULUI SINCRON CU MAGNEȚI PERMANENȚI

Autori: Daniela Dimov, Andrei Cocoș
Conducător științific: prof.univ.dr.hab. Tudor Ambros

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat. În lucrare se realizează un studiu asupra principiilor de reglare a tensiunii generatorului sincron în regim autonom de funcționare. S-a selectat generatorul sincron cu magneți permanenți și jugul statoric premagnetizat. Sunt prezentate schema constructivă, diagramele fazoriale și ecuațiile de echilibru a tensiunilor. S-au obținut anumite expresii analitice de descriere a variației tensiunii electromotoare induse în înfășurarea trifazată.

Cuvinte cheie: Generator sincron, magneți permanenți, jug statoric premagnetizat, tensiune electromotoare.

1. Introducere

În generatoarele sincrone clasice cu excitație electromagnetică reglarea sau stabilizarea tensiunii la borne este realizată manual sau automatizat prin acțiunea asupra sistemului de excitație. În generatoarele sincrone cu magneți permanenți această acțiune nu există. În unele construcții de generatoare se realizează un sistem de excitație mixt, electromagnetic și cu magneți permanenți, care asigură reglarea tensiunii, dar în acest context se complică construcția generatorului.

În lucrare se propune o schemă constructivă de generatoare sincrone cu magneți permanenți reglabile după tensiune. Generatorul sincron cu magneți permanenți propus, este transformat dintr-o mașină asincronă cu rotorul în scurtcircuit. Pe rotor în creștăturile cu lățimea de:

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} \quad (1)$$

sunt fixați magneți permanenți (fig.1), iar în creștăturile pachetului statoric sunt montate două înfășurări: una trifazată (de lucru) W_T și alta toroidală (de premagnetizare) W_P .

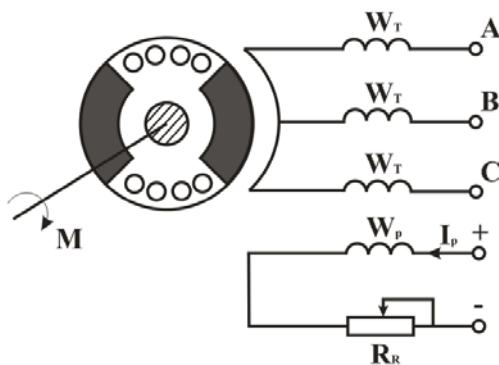


Fig.1. Schema principală a generatorului sincron cu jug statoric premagnetizat

2. Procesul de reglare a tensiunii

Admitem că viteza unghiulară a rotorului este constantă, ca urmare reiese că și frecvența tensiunii la bornele generatorului este de asemenea constantă, deoarece:

$$\Omega = \frac{2\pi f_1}{p} \quad (2)$$

Fie că generatorul funcționează în sarcină nominală, la micșorarea sarcinii tensiunea la borne crește. Pentru a reveni la tensiunea nominală cu ajutorul reostatului R_R se mărește curentul de premagnetizare din înfășurarea W_P . Această majorare a curentului I_P contribuie la creșterea fluxului

magnetic de premagnetizare din jugul statoric, care micșorează fluxul produs de magneții permanenți.

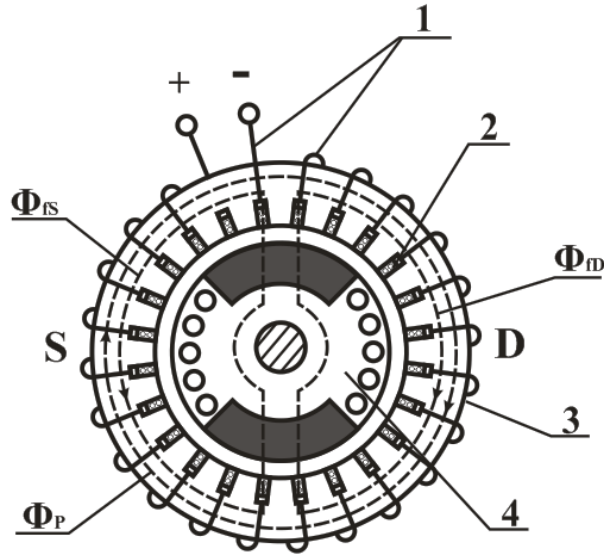


Fig.2. Secțiunea transversală a generatorului sincron cu magneți permanenți și cu jugul statoric premagnetizat:
1- înfășurarea toroidală; 2- înfășurarea trifazată; 3- pachetul statoric;
4- rotorul, înfășurarea rotorică.

Fluxurile de premagnetizare Φ_p și de excitație Φ_{fs} din partea stângă **S** a pachetului statoric sunt orientate opus, iar pe partea dreaptă (**D**) sunt orientate pe aceeași direcție. Astfel segmentul jugului statoric **D** este suprasaturat și Φ_{fd} se micșorează, iar în partea **S** fluxul - Φ_{fs} este parțial compensat.

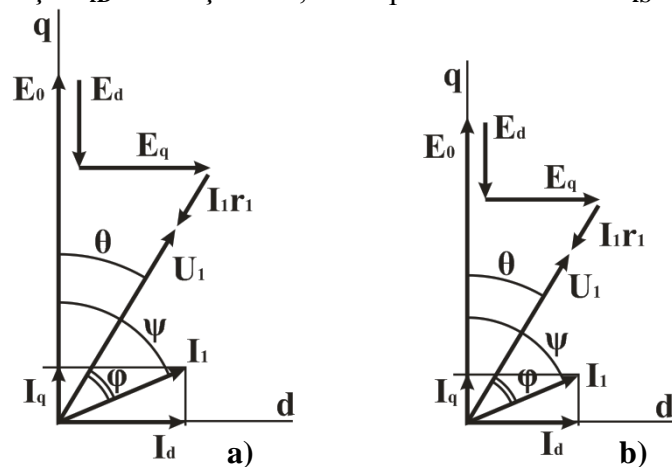


Fig.3. Diagrama fazorială a generatorului sincron cu magneți permanenți și cu jugul statoric nepremagnetizat – a) și premagnetizat – b).

Tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea trifazată se micșorează, deoarece tensiunea la bornele generatorului conform ecuației de echilibru a tensiunilor

$$\underline{U} = \underline{E}_0 - \underline{E}_d - \underline{E}_q - \underline{I} \cdot r_1 \quad (3)$$

sau

$$\underline{U}_1 = E_0 + jI_d X_d + jI_q X_q + I_1 r_1 \quad (4)$$

Unde:

$$\underline{E}_d = -jI_d X_d; \underline{E}_q = -jI_q X_q \quad (5)$$

și

$$\underline{E}_0 = -j\pi\sqrt{2}(\Phi_f \pm \Phi_p)W_1 k_{w1}$$

În figura 3 este dată diagrama fazorială a generatorului sincron în axele d, q, corespunzătoare ecuațiilor de echilibru a tensiunilor în regim nepremagnetizat (fig.3a) și premagnetizat la funcționarea în regim de sarcină (fig.3.b.).

3. Descrierea analitică a proceselor

Admitem că inducția magnetică din întrefier produsă de magneții permanenți

$$B_{\delta m} = \frac{\Phi_{\delta m}}{Q_{\delta}} = \frac{\Phi_{\delta m}}{\alpha_{\delta} \cdot \tau \cdot \ell_{\delta}} = \frac{\Phi_{\delta m}}{\frac{2}{\pi} \cdot \tau \cdot \ell_{\delta}} = \frac{\pi \Phi_{\delta m}}{2 \tau \cdot \ell_{\delta}} \quad (6)$$

unde:

$$Q_{\delta} = \alpha_{\delta} \cdot \tau \cdot \ell_{\delta}$$

Pe de altă parte forța magnetizantă care revine întrefierului

$$F_{\delta m} = \frac{1}{\mu_o} B_{\delta m} \cdot k_{\delta} \cdot \delta \quad (7)$$

Substituim (6) în (7) obținem:

$$F_{\delta m} = \frac{1}{\mu_o} \frac{\Phi_{\delta m} \cdot \pi \cdot \delta \cdot k_{\delta}}{2 \tau \cdot \ell_{\delta}} \quad (8)$$

Luând în considerație că

$$\tau = \frac{\pi D}{2p} \quad (9)$$

Expresia (8) se scrie după cum urmează:

$$F_{\delta m} = \frac{1}{\mu_o} \cdot \frac{p \cdot \Phi_{\delta m} \cdot \delta \cdot k_{\delta}}{D \cdot \ell_{\delta}} \quad (10)$$

Forța magnetizantă produsă de curentul înfășurării de premagnetizare I_p , se dă cu expresia:

$$F_p = I_p W_p \quad (11)$$

atunci fluxul magnetic produs de forța magnetizantă F_p din jugul statoric

$$\Phi_p = \frac{F_p}{R_{mp}} \quad (12)$$

unde

$$R_{mp} = \frac{\ell_{jm}}{\mu_{Fe} \cdot S_j} \quad (13)$$

Fiind luată în considerație (11), (12), (13) obținem pentru fluxul de premagnetizare

$$\Phi_p = \frac{I_p W_p \cdot \mu_{Fe} \cdot S_j}{L_{jm}} = \frac{2p \cdot I_p W_p \cdot \mu_{Fe} \cdot \ell_{\delta} \cdot h_j}{\pi D_m} \quad (14)$$

unde

$$L_{jm} = \frac{\pi D_m}{2p} \quad (15)$$

Din expresia (10) se determină:

$$\Phi_{\delta m} = \frac{F_{\delta m} \cdot \mu_o \cdot D \cdot \ell_{\delta}}{p \cdot \delta \cdot k_{\delta}} = B_{\delta} \cdot D \cdot \ell_{\delta} \quad (16)$$

Admitem că pe partea stângă **S** a jugului statoric fluxul magnetic închis pe această parte, produs de magneți permanenți este compensat parțial de fluxul magnetic din jugul statoric produs de curentul de premagnetizare. Ca urmare:

$$\Phi_{SR} = \frac{\Phi_{\delta m}}{2} - \Phi_p \text{ sau } \Phi_{SR} = \frac{F_{\delta m} \cdot \mu_o \cdot D \cdot \ell_{\delta}}{2p \cdot \delta \cdot k_{\delta}} - \frac{2p \cdot I_p W_p \cdot \mu_{Fe} \cdot \ell_{\delta} \cdot h_j}{\pi D_m} \quad (17)$$

Pe partea dreaptă **D** a pachetului statoric fluxurile se însumează și atunci fluxul rezultat pe partea dreaptă

$$\Phi_{DR} = \frac{\Phi_{\delta m}}{2} + \Phi_p = \frac{F_{\delta m} \cdot \mu_O \cdot D \cdot \ell_{\delta}}{2p \cdot \delta \cdot k_{\delta}} + \frac{2p \cdot I_p W_p \cdot \mu_{FeD} \cdot \ell_{\delta} \cdot h_j}{\pi D_m} \quad (18)$$

La însumarea expresiilor (17) și (18) termen cu termen, obținem:

$$\Phi_R = \Phi_{DR} + \Phi_{SR} = \frac{F_{\delta m} \cdot \mu_O \cdot D \cdot \ell_{\delta}}{p \cdot \delta \cdot k_{\delta}} + \frac{2p \cdot I_p W_p \cdot \ell_{\delta} \cdot h_j}{\pi D_m} \cdot (\mu_{FeD} - \mu_{feS}) \quad (19)$$

unde $\mu_{FeS} \gg \mu_{feD}$

Tensiunea electromotoare indusă în înfășurarea trifazată

$$E_0 = \pi \cdot \sqrt{2} \cdot \Phi_R \cdot W_1 \cdot k_{w1} \quad (20)$$

Primul termen din expresia (19) practic nu se modifică și depinde de elementele constructive, iar cel de al doilea depinde de starea sistemului magnetic și valoarea curentului de premagnetizare. Ca urmare:

$$\Phi_R = K_1 + K_2 \cdot I_p \cdot (\mu_{FeD} - \mu_{FeS}) \quad (21)$$

Permeabilitatea μ_{feS} crește rapid deoarece sistemul magnetic pe această parte se demagnetizează, iar μ_{FeD} descrește încet din cauza suprasaturației, urmează fluxul magnetic rezultat se micșorează și tensiunea electromotoare de asemenea.

Concluzii:

Din multitudinea metodelor de reglare sau stabilizare a tensiunii la bornele generatorului sincron cu magneți permanenți, s-a selectat metoda premagnetizării jugului statoric, fiind una simplă și mai puțin studiată pentru generatoare de putere medie.

Sunt prezentate ecuațiile de echilibru și diagramele fazoriale corespunzătoare.

S-au obținut expresii analitice pentru fluxurile magnetice produse de magneți permanenți și curentul de premagnetizare, care demonstrează procesul de reglare a tensiunii la bornele generatorului.

Expresia pentru tensiunea electromotoare indusă în regim de mers în gol ia în considerare geometria părții active a generatorului, care este necesară la etapa de proiectare.

Bibliografie:

1. **Ambros T.** *Synchronous generators with permanent magnets for stabilization the output voltage of the power wind mill installations.* Black Sea Energy Policy Conference: Energy Investments and Trade Opportunities. Book of abstracts. 8-9 October 2008, Athens, Greece, p.14, 0,03 c.a.
2. **Palastin L. M.** *Torțevoi bezkontaktnii dvuhpaketnii sinhronnii gherator,* A.Ș. nr.528668, 1976, - Buletin nr.34, 1976
3. **Ambros T.** *Generator asinhton autonom cu miez magnetic statoric premagnetizat.* Autoreferat, MĂI, 1976