

DETERMINAREA CARACTERISTICII DE MAGNETIZARE A GENERATORULUI AXIAL CU MAGNEȚI PERMANENȚI

Autori : Crudu Vasili
Conducator științific: prof.univ. dr. hab. Tudor Ambros

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare sa elaborat metoda de calcul al circuitului magnetic a generatorului sincron axial cu două rotoare, fiind luate în considerație particularitățile constructive ale acestuia. Calculele sau realizat în baza marimilor geometrice și electromagnetice medii.

Cuvinte cheie: generator, magnet, stator, jug statoric, jug rotor, caracteristica de magnetizare, calcul electromagnetic.

Magneții permanenți sunt folosiți în ultimul timp în convertizoarele electromagnetice inclusiv în generatoarele și motoarele sincrone. Plaja de utilizare a motoarelor sincrone cu magneți permanenți este limitată din cauza porniri dificile în regim asincron. Dimpotrivă generatoarele de putere mică și medie se bucură de cereri importante legate de implementarea acestora în sistemele electromecanice hidraulice și eoliene de producere a energiei electrice. Deoarece sistemele electromecanice indicate funcționează la turații reduse, este de dorit ca generatoarele electrice să fie executate la un număr mare de poli adică cu un diametru statoric majorat în raport cu diametrul generatoarelor clasice cilindrice. În acest caz pot fi folosite reușit generatoarele cu magneți permanenți cu flux magnetic axial.

Construcția acestor generatoarele se deosebește de construcția mașinilor cilindrice,[1] de aceea în calculul circuitului magnetic și caracteristicii de magnetizare sunt prezente anumite particularități necesare de a fi luate în considerație la etapa proiectării acestui convertizor electromecanic. Din aceste particularități fac parte:

- calculul se realizează după mărimile geometrice și electromagnetice medii,
- inducția în lungul întrefierului se considerată constantă.

În figura 1 este prezentată secțiunea transversală și longitudinală, a unui generator sincron axial excitat de magneți permanenți.

Calea de închidere prin circuitul magnetic a fluxului magnetic reprezintă linia medie a tubului elementar al inducției magnetice traseul cărui pornește de la magnetul permanent din punctul *a* prin întrefier, dinții statorici, jugul statoric și jugul rotor, revenind la același magnet permanent din partea opusă. Fluxul magnetic Φ_m produs de magnetul permanent, are două componente:

- prima se închide prin întrefier, magneti și circuitul fieromagnetic,
- a doua componentă se închide în principal prin căi neferomagnetice în afara circuitului magnetic ieșind din suprafața magnetului constituind fluxul de dispersie. Calculul acestui flux de dispersie este complicat și cere metode masive de calcul.

Fluxul magnetic de dispersie este proporțional forței magnetizante

$$F_m = H_m \cdot l_m$$

a magnetului permanent adica:

$$\Phi_{\sigma} = \Lambda \cdot F_m \quad \text{unde } \Lambda \text{ -permianța de dispersie.}$$

Suma fluxurilor magnetice de dispersie și din întrefier

$$\Phi_{\sigma} + \Phi_{\delta} = \Phi_e$$

reprezintă fluxul exterior.

Nu este greu de observat că $\Phi_e = \Phi_m$ produs de forța magnetizantă F_m corespunzătoare magnetului permanent respectiv. Conform legii continuității fluxului magnetic $\oint_L H dl = 0$ unde L este conturul de închidere a fluxului Φ_{δ} .

Dacă admitem ca cîmpul magnetic prin circuitul magnetic este uniform, atunci

$$2l_m \cdot H_m + 2\delta H_{\delta} + l_{Fe} H_{Fe} = 0$$

unde H_m , H_{δ} , H_{Fe} sunt intensitățile cîmpului magnetic pe sectoarele respective.

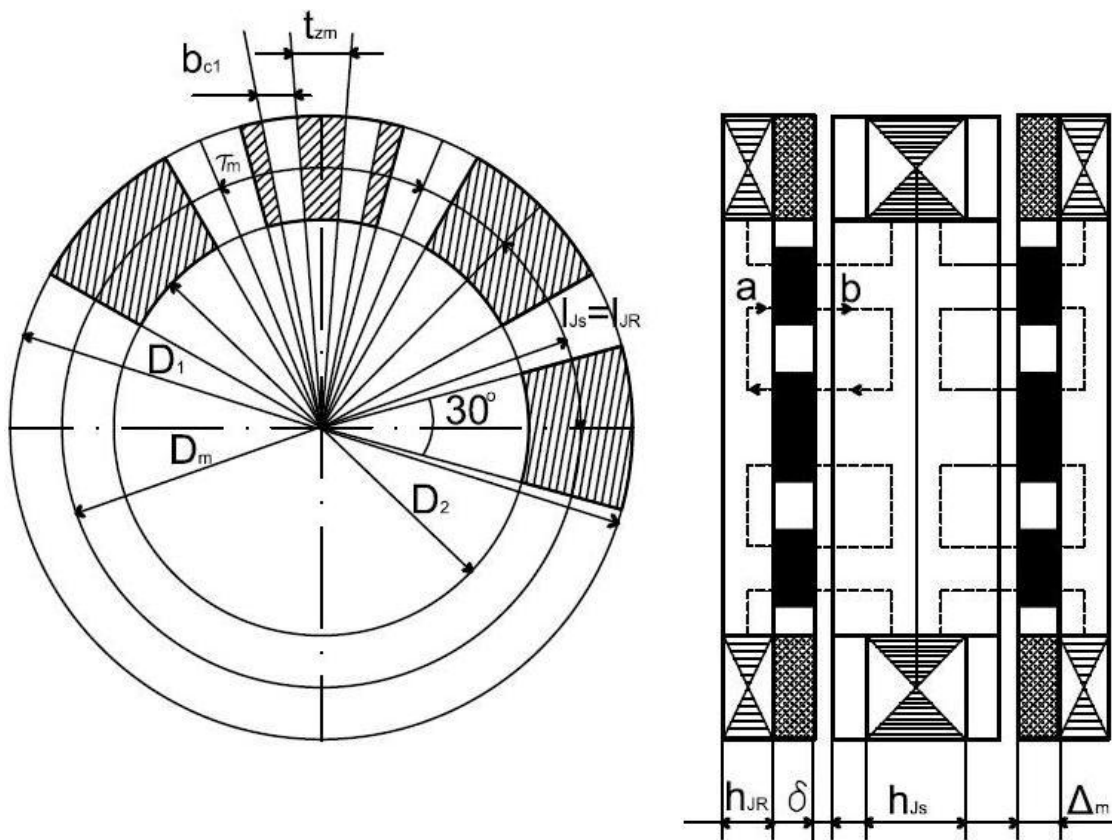


Fig.1. Generatorul sincron cu două rotoare.

Fiind cunoscute dimensiunile geometrice al generatorului, calculul se realizeaza

pentru o jumătate din pachetul statoric, compus din două parti simetrice (fig.1), doar aceasta reduce esențial calculul. Rezultatele obtinute pentru o parte sunt similare cu rezultatele celelaltei părți. Fiind cunoscuți parametrii înfășurării calculați anterior și tensiunea nominală se calculează fluxul magnetic

$$\Phi = \frac{E_0}{K_B \cdot f_1 \cdot W_1 \cdot K_{w1}} = \frac{K_\delta \cdot U_n}{K_B \cdot f_1 \cdot W_1 \cdot K_{01}}$$

Inducția magnetică din intrefierul unei părți a generatorului sincron axial cu două rotoare

$$B_\delta = \frac{\Phi}{\alpha_\delta \cdot \tau_m \cdot l_\delta}$$

Forța magnetizantă a intrefierului

$$F_\delta = 1.6 \cdot B_\delta \cdot K_\delta \cdot \delta$$

unde K_δ - coeficientul Carter

Forța magnetizantă a zonei de dantură

$$F_{zm} = 2 \cdot h_{zm} \cdot H_{zm}$$

Dacă inducția magnetică din dinți depășește $B_z > 1.8T$ atunci se ia în considerație ramificarea fluxului prin crestatura. Această deviere a fluxului magnetic se ia în considerare fiind calculat coeficientul

$$K_{cm} = \frac{t_m}{b_{zm} \cdot K_{Fe}}$$

Unde t_m – pasul dentar medie al statorului,

b_{zm} – lățimea dintelui statoric,

K_{Fe} - coeficientul de umplere cu tolii a pachetului statoric.

Valoarea H_{zm} se ia din graficele construite pentru diverse marimi al coeficientului K_{cm} (fig. 2), corespunzătoare sortului de oțel utilizat la ștanțarea toliilor pachetului statoric.

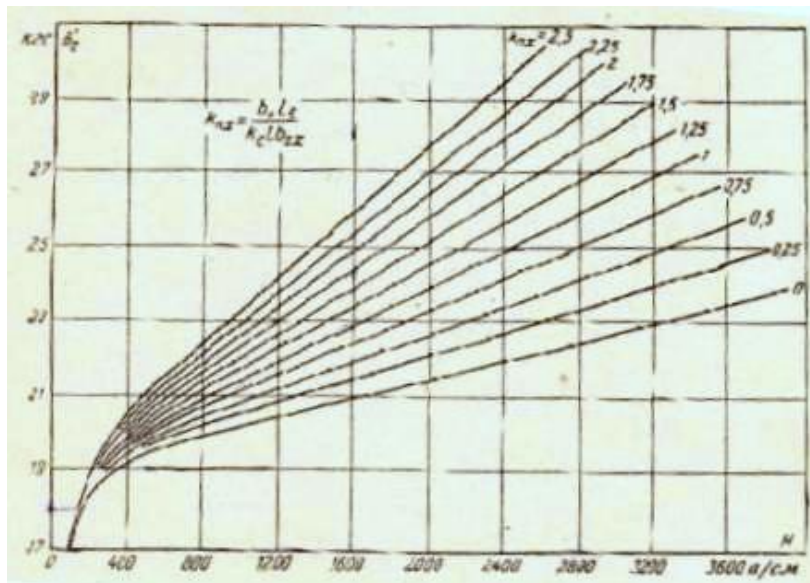


Fig.2 Curbele variației inducției magnetice în dependența de coeficientul K_{cm}

În figura 3. este prezentată curba variației coeficientului K_ξ care ia în considerare modificarea valorii intensității cimpului magnetic în jugul statoric și rotoric.

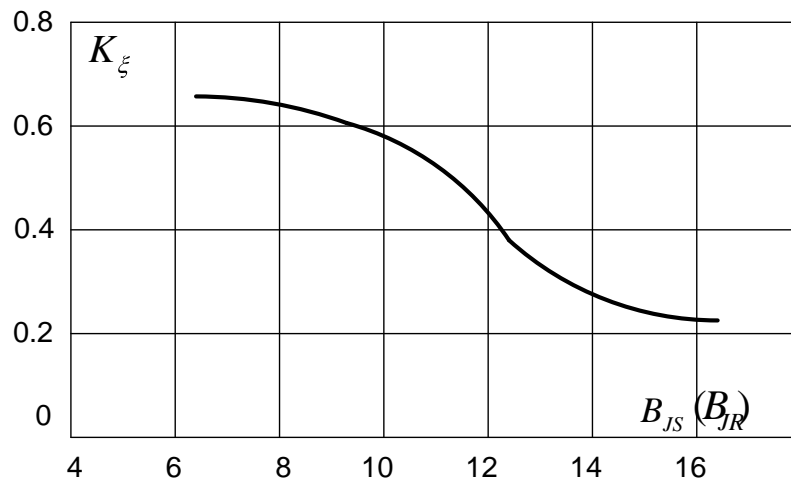


Fig.3. Curba variației coeficientului de saturație funcție de inducția din jugul statoric și rotoric

Forța magnetizantă a jugului statoric respectiv rotoric se determina cu relațiile

$$F_{Jms} = K_\xi \cdot L_{Jms} \cdot H_{JmS}$$

$$F_{JmR} = K_\xi \cdot L_{JmR} \cdot H_{JmR}$$

unde

$$L_{Jms} = \tau_m + 2 \left(\frac{h_{Jms}}{2} \right)$$

și respectiv

$$L_{JmR} = \tau_m + 2 \left(\frac{h_{JmR}}{2} \right)$$

Valoarea coeficientului K_ξ se determină [2] aproximativ din graficul (fig. 3.)

Forța magnetizanta a circuitului magnetic pentru o parte a generatorului

$$F_{em} = F_{\delta m} + F_{zm} + F_{Jms} + F_{JmR}$$

$$K_\mu = \frac{F_e}{F_\delta}$$

Coeficientul de saturație a circuitului magnetic reprezintă raportul dintre forța magnetizantă totală și forța magnetizantă care revine intrfierului.

Pentru a construi graficul caracteristicii de magnetizare $B_\delta = f(F_\delta)$ se adoptă valori tensiunii electromotoare $E_0 \sim U_n$ în limitele (0.5, 1, 1.1, 1.2, 1.3) U_n și calculele se repetă.

Calculul se efectuează conform metodei clasice de determinare a forțelor magnetizante totale, $F_C = F_d + F_{Zm} + F_{JS} + F_{JR}$.

Rezultatele calculului sunt prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1.

Expresii	$E_o = 0.5 \cdot U_n$	$E_o = 1 \cdot U_n$	$E_o = 1.2 \cdot U_n$	$E_o = 1.3 \cdot U_n$
$\Phi = \frac{K_\delta \cdot U_n}{K_B \cdot f_1 \cdot W_1 \cdot K_{01}}$	$2.45 \cdot 10^{-3}$	$4.91 \cdot 10^{-3}$	$5.89 \cdot 10^{-3}$	$6.38 \cdot 10^{-3}$
$B_\delta = \frac{\Phi}{\alpha_\delta \cdot \tau_m \cdot l_\delta}$	0.34	0.68	0.81	0.88
$B_z = \frac{B_\delta \cdot t_z \cdot l_\delta}{b_z \cdot l \cdot K_{Fe}}$	0.97	1.94	2.3	2.5
$B_{JS} = \frac{\Phi}{2 \cdot h_{JS} \cdot K_{Fe}}$	0.61	1.22	1.47	1.58
$B_{JR} = \frac{\Phi}{2 \cdot h_{JR} \cdot K_{Fe}}$	0.38	0.76	0.92	0.99
$F_z = 2 \cdot h_z \cdot H_z$	8	341	741	1185
$F_{JS} = K_\xi \cdot L_{JS} \cdot H_{JS}$	7.3	14	75	86
$F_{JR} = K_\xi \cdot L_{JR} \cdot H_{JR}$	19	39.2	50	65.5
$F_\delta = 1.6 \cdot B_\delta \cdot K_\delta \cdot \delta$	584	1189	1390	1511
$\sum F_C$	618	1583	2256	2848

Coefficienții de crestătură se calculează cu relația

$$K_{cm} = \frac{b_c \cdot l_\delta}{K_{Fe} \cdot l \cdot b_{zx}} = \frac{8.5}{0.97 \cdot 4.8} = 1.7$$

Fiind luate în considerație particularitățile constructive ale generatorului sincron în studiul coeficientului de dantura.

$$K_z = 1 + \frac{F_{Z1}}{F_\delta} = 1 + \frac{341}{1168} = 1.3$$

Coefficienții indicați anterior caracterizează divizarea fluxului magnetic la saturație prin crestăturile satorice, și prin dinții pachetului statoric.

Coefficienții de saturație a circuitului magnetic și a zonei de dantură pot fi calculați atât pe cale analitică cit și pe cale grafo-analitică, fiind folosite expresii în care figurează mărimile medii.

Această metodă de calcul asigură o exactitate mai redusă, decît în cazul dacă am avea tabloul clar a repartizării fluxului magnetic pe diferite sectoare ale circuitului magnetic. Ar fi bine venită metoda elementului finit care dă posibilitate de a determina parametrii geometrice ai generatorului sincron axial și a preciza rezultatele obținute.

Graficul caracteristicii de magnetizare reprezintă o curbă exponențială care pornește din originea coordonatelor ($B_{\delta} = f(F_{\delta})$).

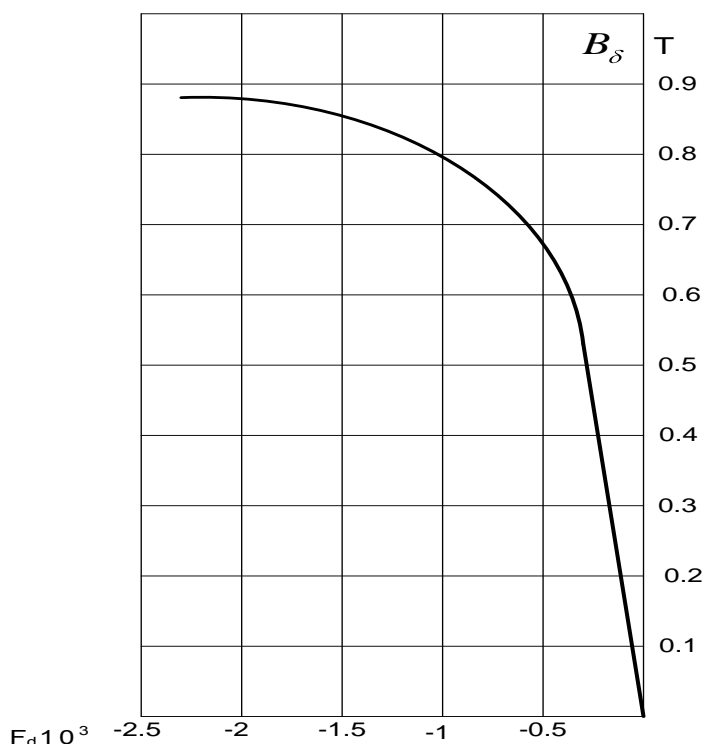


Fig.4. Caracteristica de magnetizare a generatorului sincron axial cu magneți permanenți pentru una din cele două părți ale pachetului statoric.

Concluzii

În baza metodei propuse în lucrare sa construit graficul caracteristicii de funcționare a generatorului sincron axial cu magneți permanenți. Rezultatele obținute în lucrare pot fi folosite în proiectarea mașinilor sincrone de acest tip.

Bibliografie

1. T. Ambros, Convertizoare electrice și electromecanice speciale, Editura: „Tehnica-INFO”, Chișinău 2008
2. P.S. Sergheev, N.V. Vinogradov, F.A. Goriainov. Proiectirovanie elektrickekih mašin, Izdatelistvo Energhia, Moscova 1970.