

PROCESE ÎN MOTOARE ELECTRICE ERMETIZATE, CARACTERISTICI DE FUNCȚIONARE

Autori: Bîzdîga Artiom, Medvețchi Alexandru

Conducător: dr.hab. Ambros Tudor

Universitatea Tehnică a Moldovei

Rezumat: În lucrare se efectuează un studiu asupra motorului asincron ermetizat transformat în motor asincron cu magneți permanenți. Sunt prezentate performanțele motorului sincron și tehnologia simplificată de elaborare. Fiind ținut cont de particularitățile constructive sau calculat caracteristicile de funcționare.

Cuvinte cheie: motor asincron; rotor modificat; motor sincron; magneți permanenți; cilindri din inox.

5. Introducere

Pomparea lichidelor este o problemă actuală în economia națională și pe plan mondial. Economisirea energiei consumate pentru realizarea acestui proces depinde în mare măsură de nivelul tehnico-economic al pompelor utilizate în acest scop.

Un deosebit interes în acest context îl prezintă pompele ermetice pentru pomparea lichidelor radioactive și agresive din punct de vedere chimic [1, 2].

2. Motoare electrice speciale de acționare a pompelor centrifuge

Pompele electrice ermetice moderne constituie un monobloc, care include motorul electric, de obicei asincron, și pompa centrifugă. Lichidul pompat agresiv servește pentru răcirea motorului, pătrunzând în întrefierul acestuia. În figura 1-a, b sunt prezentate secțiunile longitudinale ale pompelor electrice de tip CE cu statorul și rotorul protejate de cilindri din inox.

Utilizarea motorului asincron ca acționare electrică este eficientă din considerente constructive. Motorul asincron cu rotorul în scurtcircuit exclude contactul electric, permite realizarea protecției

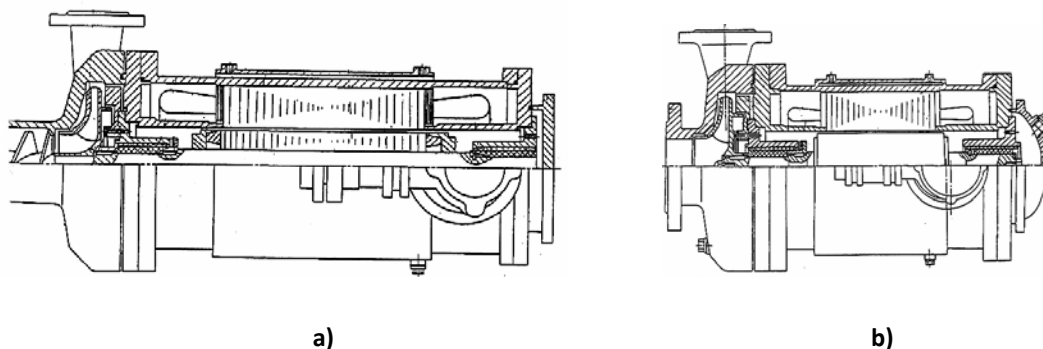


Fig. 1. Pompe ermetice monobloc de tip: a) CE 100/125H ; b) CE 100/50

statorului și rotorului și a înfășurărilor respective de lichidul agresiv prin intermediul cilindrelor de protecție presate pe interiorul pachetului statoric și exteriorul pachetului rotoric [3, 4].

Cilindrele de protecție sunt confecționate din oțel inoxidabil cu grosimea de (0,5–0,7) mm; în unele cazuri, cilindrele pot fi executate din inox feromagnetic. Lichidul pompat servește concomitent și ca unsoare pentru rulmenți. Motorul asincron de antrenare montat în monobloc cu pompa centrifugă, în afară de performanțele indicate anterior, are și neajunsuri.

Din cele de bază sunt după cum urmează:

- prezența pierderilor în înfășurarea rotorică;
- randamentul și factorul de putere redus ca urmare a creșterii curentului de magnetizare;
- viteza unghiulară a rotorului micșorată din cauza valorii sporite a alunecării care provoacă reducerea vitezei unghiulare a pompei.

Din neajunsurile concretizate anterior se pune problema de a căuta noi căi de îmbunătățire a calității producerii motoarelor de antrenare a pompelor centrifuge [5, 6].

Pompele produse de S.A. „Moldovahidromaș” sunt încă cerute pe piața externă. Pentru a păstra și a lărgi această piață este necesar de a promova cercetările științifice în această direcție.

Una din aceste direcții este [7] care se referă la înlocuirea motorului asincron transformat în motor sincron. Transformarea, la prima etapă, poate fi realizată ușor, deoarece motorul sincron se deosebește de cel asincron numai prin construcția rotorului. Urmează că este necesar de a modifica numai construcția rotorului motorului asincron.

La etapa actuală, problema poate fi soluționată datorită implementării masive a magneților permanenți în producerea mașinilor electrice [7].

Producerea și realizarea în creștere la prețuri descrescătoare a magneților permanenți din elemente de pământuri rare cu proprietăți magnetice, mecanice și termice ridicate permite înlocuirea rotorului scurtcircuitat cu un rotor înzestrat cu magneți permanenți.

Utilizarea magneților permanenți montați pe rotor asigură majorarea:

- solicitărilor electromagnetice, adică a inducției magnetice și sarcinii liniare de curent;
- excluderea pierderilor electrice din rotor;
- majorarea vitezei unghiulare a rotorului;
- reducerea zgomotului și vibrației în motor, rotorul asamblat din tole fiind înlocuit cu rotor feromagnetic masiv;
- simplificarea tehnologiei producerii rotorului masiv feromagnetic;
- micșorarea pierderilor din rețeaua electrică, datorită factorului de putere ridicat;

Aceste și alte performanțe ale motorului sincron cu magneți permanenți ridică cererea lor pe piața internă și externă, fiind produse în serie.

3.Motoare sincrone ermetizate cu magneți permanenți

Anterior au fost prezentate diverse construcții de motoare asincrone produse de „Moldovahidromaș”. Pentru înlocuirea motorului asincron cu un motor sincron s-a efectuat un studiu prezentat în publicațiile [7, 8].

În prezenta lucrare, pentru simplificarea și reducerea cheltuielilor în vederea realizării procesului tehnologic, corpul rotorului s-a propus a fi executat din material feromagnetic masiv. Astfel, se exclude asamblarea din tole de oțel, provocatoare de zgomot și vibrații în regim de pornire și funcționare în sarcină, la fel a decăzut operația de ștanțare și dispozitivul respectiv.

În figura 2, a, b este prezentată una din variantele rotorului masiv feromagnetic.

În corpul rotorului sunt frezate creștături pentru montarea barelor confecționate din aluminiu sau cupru.

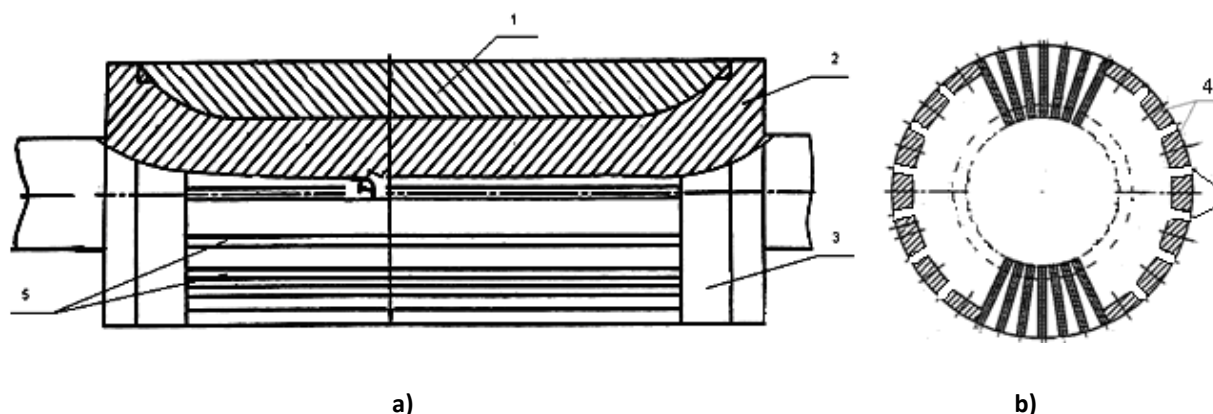


Fig.2. Rotorul motorului sincron cu magneți permanenți: a) fragment de rotor cu bare; b) secțiunea transversală a rotorului: 1 - bară ; 2 - corp rotor ; 3 - inele de scurtcircuit ; 4 - magneți ; 5 - bare din aluminiu

Creștăturile rotorice sunt repartizate în lungimea cercului rotor. Magneții permanenți sunt repartizați uniform pe lungimea de $2/3$ din pasul polar astfel, încât între doi magneți permanenți să treacă o bară rotorică. Barele sunt scurtcircuitate cu inelele executate din același material. În afară de barele

montate în creștături, acestea formează în corpul rotorului alte bare din fier masiv, scurtcircuitate cu inelele.

Asadar, rotorul motorului asincron, transformat în motor sincron, conține poli cu magneți permanenți și două înfășurări scurtcircuitate: una din aluminiu și alta din fier masiv. Prezența a doua înfășurări scurtcircuitate pe rotor contribuie la majorarea cuplului de pornire și intrare în sincronism a motorului sincron. Pe rotorul masiv cu magneți permanenți este presat cilindrul de protecție din inox cu grosimea de (0.5–0.7)mm, realizând două funcții: de protecție a rotorului de lichidul agresiv din întrefier, și fixarea rigidă a magneților permanenți pe rotor, fiind exclusă înclieirea.

Urmează că construcția rotorului, deși este ușor realizabilă din punct de vedere tehnologic, procesele la pornire în asincron a motorului sunt complicate și necesită un studiu profund în descrierea acestora.

În acest context, s-au elaborat, proiectat și realizat mostre experimentale încercate în condiții reale de funcționare, fiind, de asemenea, încercată pornirea motorului sub sarcină la tensiune redusă.

Încercările efectuate asupra mostrelor experimentale au dat posibilitate de a determina corect influența tipului de înfășurări scurtcircuitate pe rotor asupra pornirii și sincronizării motorului cu rețeaua. S-a stabilit cum se asigură pornirea pentru diverse repartizări și montări ale magneților permanenți pe suprafața exterioară a rotorului și în cazul înglobării în corpul rotoric. S-a studiat acțiunea formei magneților și însușirile magnetice ale acestora asupra câmpului magnetic din întrefier.

4. Pierderile și randamentul

În continuare este prezentată succesiunea calcului pierderilor motorului în studiu. Calculile sunt realizate fiind luate în considerație particularitățile constructive ale motorului elaborat.

Pierderile electrice principale din înfășurarea statorică:

$$P_{e1} = m \cdot (I)^2 \cdot r_{115} \cdot 10^{-3}. \quad (1)$$

Pentru puteri $P_n < 100$ kW pierderile magnetice din jugul statoric se determina cu relația:

$$P_{a1} = k_{da} \cdot 1.55 \cdot \left(\frac{B_{js1}}{B_{\delta 1}} \cdot B_1 \right)^2 \cdot \left(\frac{f}{50} \right)^{1.3} \cdot m_{a1} \cdot 10^{-3}. \quad (2)$$

Unde $k_{da}=1.5$ depinde de calitatea ștanțării și repartizarea neuniformă a inducției în jugul statoric

Masa jugului statoric:

$$m_{a1} = 7.85 \cdot 10^{-6} \cdot l_1 \cdot k_{fe} \cdot \pi \cdot (D_a - h_{js}) \cdot h_{js}. \quad (3)$$

Pierderile magnetice din dinții statorului:

$$P_{z1} = k_{dz} \cdot 1.55 \cdot \left(\frac{B_{z1}}{B_{\delta 1}} \cdot B_1 \right)^2 \cdot \left(\frac{f}{50} \right)^{1.3} \cdot m_{z1} \cdot 10^{-3}. \quad (4)$$

Unde $k_{dz}=1.8$ depinde de calitatea ștanțării și repartizarea neuniformă a inducției în dinții statorici

Masa dinților statorici depinde:

$$m_{z1} = 7.85 \cdot 10^{-6} \cdot l_1 \cdot k_{fe} \cdot [0.25 \cdot \pi (D_a^2 - D^2) - (S_{cr} + h_s \cdot b_s) \cdot Z_1 - m_{a1}]. \quad (5)$$

Pierderile din cilindrul statoric provocate de curenții turbionari și efectul histerezis:

$$P_{man} = 1.63 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{E_1^2}{r_{ms}^I}. \quad (6)$$

Pierdirile de frecare ale rotorului de lichid în regimul sincron depinde de densitatea și viscozitatea lichidului pentru motoarele ermetizate:

$$P_{fr0} = \left(\frac{\pi \cdot f}{p} \right)^3 \cdot (D - 2\delta + 2\Delta_{ms})^4 \cdot [D - 2\delta + 2\Delta_{ms} + 5 \cdot (l_p + 90)] \cdot \gamma_1 \cdot n_{v0} \cdot 10^{-17}. \quad (7)$$

Unde gradul de viscozitate:

$$n_{v0} = 0.3 \cdot \nu^{0.08}. \quad (8)$$

Puterea consumată din rețea la funcționarea în regim nominal:

$$P_1 = |m \cdot U_1| |I| \cdot \cos(\phi) \cdot 10^{-3} = m U_1 I_a \cdot 10^{-3}. \quad (9)$$

Pierderile suplimentare sunt determinate în baza cercetărilor experimentale:

$$P_s = 0.01 \cdot P_1. \quad (10)$$

Suma pierderilor totale include pierderile prezente în regim de funcționare a motorului :

$$\Sigma P = P_{e1} + P_{a1} + P_{z1} + P_{man} + P_{fr0} + P_s. \quad (11)$$

Puterea utilă aplicată la arborele motorului:

$$P_2 = P_1 - \Sigma P. \quad (12)$$

Randamentul motorului se determină cu relația:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\Sigma P}{P_1} \quad (13)$$

5. Calculul caracteristicilor de funcționare

Calculul caracteristicilor de funcționare în deapazonul variației posibile a unghiului de sarcină se efectuează pas cu pas pentru fiecare punct, folosind metoda *grafo-analitică*. Se calculează curentul indusului și inducția magnetică din întrefier la considerarea reacției longitudinale a indusului. Unghiul de sarcină nominal Θ_n se ia ca mărime de bază.

Variația amplitudinei tensiunii electromotoare a înfășurării statorice în dependență de $B_{\delta f}$ se calculează cu formula:

$$E_{1f} = 4 \cdot k_b \cdot f \cdot w_1 \cdot k_{w1} \cdot \alpha_{\delta} \cdot \tau \cdot l_{\delta} \cdot B_{\delta f} \cdot 10^{-6}. \quad (14)$$

Fazorul curentului statoric se calculează cu expresia obținută din ecuația de echilubru a tensiunilor:

$$I_s = \frac{U_1 - E_{1f} e^{j\theta}}{r_{115} + jx_s}. \quad (15)$$

Unghiul φ se calculează în dependență de curentul statoric:

$$\varphi(f) = \arg(I_s). \quad (16)$$

Puterea electromagnetică este determinată cu relația:

$$P_{em} = \frac{[U_1 E_{1f} (r_{115} \cos \theta + x_s \sin \theta) - r_{115} U_1^2]}{R_{115}^2 + x_s^2}. \quad (17)$$

În continuare calculele sunt realizate conform expresiilor pentru pierderile prezentate anterior

Cuplul electromagnetic dezvoltat de motor și cuplul aplicat la arbore se calculează respectiv cu expresiile:

$$M_{em} = \frac{P_e}{2\pi f} p; \quad M_m = \frac{P_2 10^3}{2\pi f}$$

În baza rezultatelor calculului η , $\cos \varphi$ și I_a , se construiesc graficele caracteristicilor de funcționare.

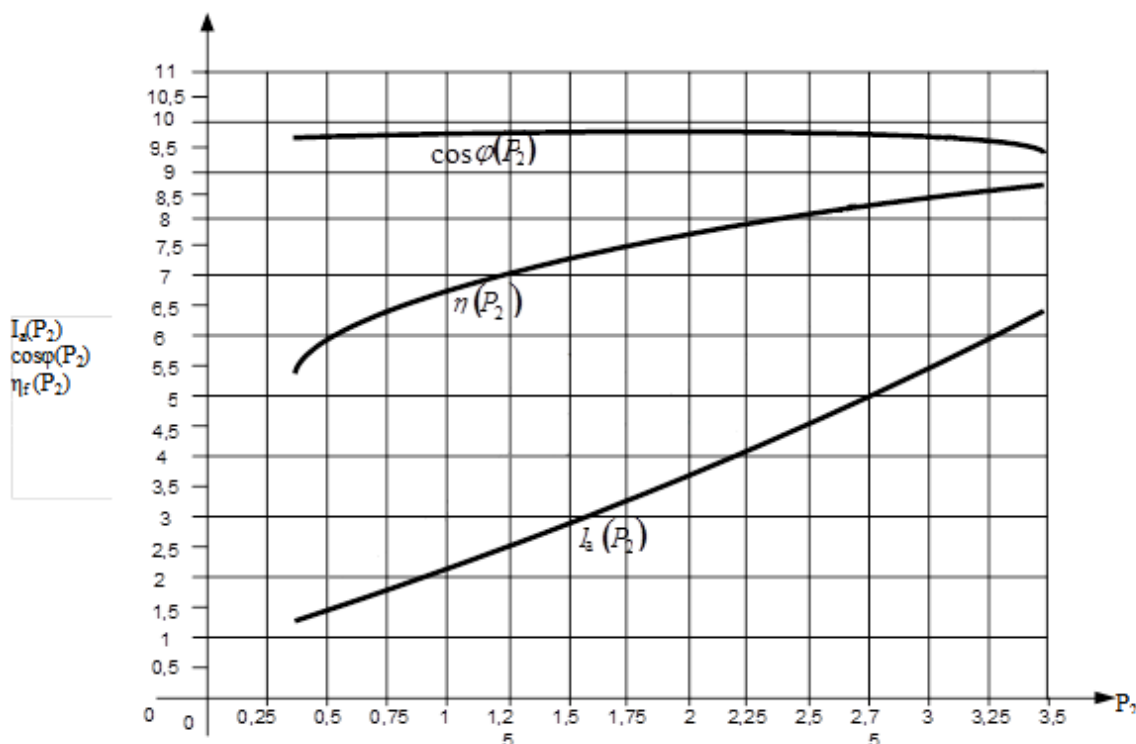


Fig.3. Caracteristicile de funcționare

6. Concluzii

Sa elaborat un nou motor sincron cu magneți permanenți. Tehnologia de transformare se referă numai la rotor și este una simplificată.

Sau constatat performanțele motorului elaborat în baza motorului asincron. Conform relațiilor de calcul s-a demonstrat că pierderile sunt reduse, iar factorul de putere și randamentul cresc aproximativ respectiv cu 15% și 7%.

Caracteristicile de funcționare sau calculat fiind ținut cont de particularitățile constructive geometrice și electromagnetice.

7. Bibliografie

1. Поклонов С. В. Асинхронные двигатели герметичных насосов. Ленинград, Энергоатомиздат, 1987, с. 60.
2. Агеев В. Д. Исследование потери мощностей в экранах экранированных двигателей. Электричество № 12, 1974, с. 63–65.
3. Буренин В. В. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов, М; Машиностроение, 1977, с. 151.
4. Синеев Н. Н. и др. Герметичные водяные насосы атомных энергетических установок. Атомиздат, М; 1967, с. 174.
5. Синеев Н. Н. и др. Бессальниковые водяные насосы. Атомиздат, М; 1972, с. 494.
6. Вишнеvский Н. Е., и др. Машины и аппараты с герметичным электроприводом, Машиностроение, 1977.
7. T. Ambros ș.a. Motoare electrice cu performanțe tehnice îmbunătățite pentru pompe ermetice. Raport anual, Tema 12TC, Chișinău 2007.
8. T. Ambros ș.a. Motoare electrice hidrotehnice performante. Raport anual, Tema 312bs, Chișinău, 2007.