

MAȘINI ASINCRONE HEXAFAZATE NESIMETRICE

Iurie RATA, Ilie NUCA

Universitatea Tehnica a Moldovei

Rezumat: În lucrare se studiază motorul asincron hexafazat nesimetric (M.A.H.N) de puterea $P_n=1kW$, destinat funcționării în acționările electrice reglabile, alimentat de la rețeaua trifazată. Construcția M.A.H.N este elaborată în baza mașinilor trifazate de serie cu excepția înfășurării statorice. Înfășurarea statorică este îndeplinită din două înfășurări trifazate simetrice decalate una față de cealaltă la un unghi $\alpha=90^\circ$. Defazajul respectiv permite alimentarea directă de la rețeaua trifazată prin intermediul unei baterii de condensatoare, astfel încât motorul funcționează de la rețeaua trifazată asemenea mașinii cu condensator.

Cuvinte cheie: motor asincron hexafazat nesimetric, baterie de condensatoare, model matematic, înfășurare statorică, frecvență industrială.

2. Introducere

Scopul acestei lucrări este de a analiza specificul constructiv al mașinilor asincrone hexafazate nesimetrice și de a evidenția performanțele și indicii fiabilității acestora pentru sporirea competitivității lor. Pentru aceasta s-au efectuat calculele și s-a elaborat modelul matematic bifazat al M.A.H.N și modelul circuitului magnetic în baza geometriei motorului trifazat de serie. În lucrare se determină matematic valorile curenților de fază în baza cărora ulterior se determină forțele de magnetizare care acționează în întrefierul mașinii. Lucrarea conține rezultatele modelării circuitului magnetic a mașinii asincrone hexafazate (M.A.H.N) de puterea $P_n=1kW$, care funcționează la tensiunea de 220V cu frecvența industrială 50Hz. Înfășurarea este îndeplinită din conductor de emailat de cupru (fig.1.) cu grosimea de 0.5mm dispus în două straturi. având pasul de bobinare diametral $y=1$ și numărul de creștături $Z = 24$, dar poate fi îndeplinită și buclată conform (fig. 2).

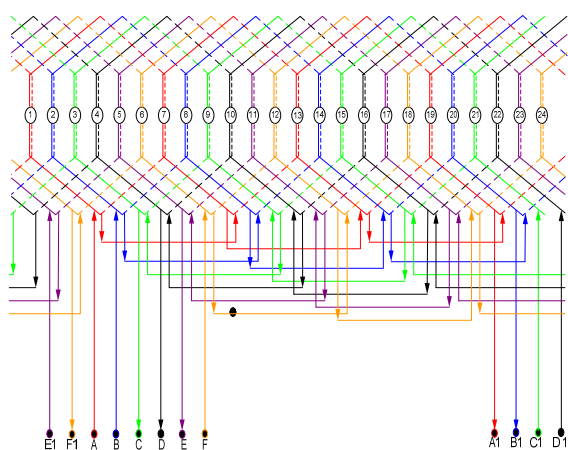


Figura 1: Schema înfășurării statorice concentrice în două straturi $Z=24$, $y=1$, $a=1$, $q=1$

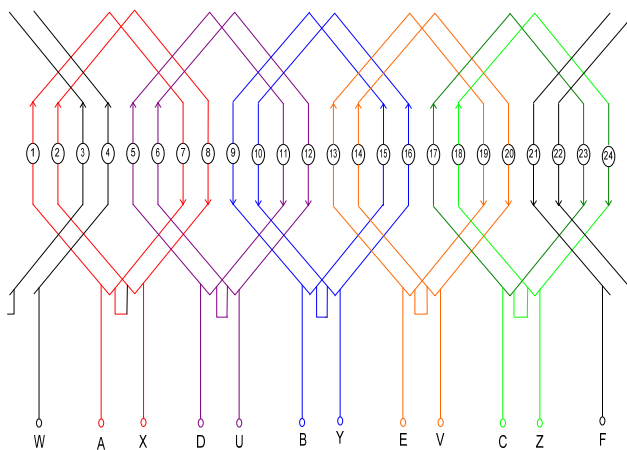


Figura 2: Schema înfășurării statorice buclate într-un strat $Z=24$, $y=1$, $a=2$, $q=2$

2. Ecuațiile circuitului magnetic al M.A.H.N

Analizăm modelul motorului asincron hexafazat, cu axele A – X, B – Y, C – Z, D – U, E – V, F – W, dispuse în creștăturile sistemului magnetic a câte două sisteme trifazate simetrice decalate cu unghiul $\alpha=90^\circ$. Expresile pentru valorile curenților de fază ai înfășurării hexafazate nesimetrice pot fi scrise în forma următoare:

$$\begin{cases}
 i_A = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos \omega t \\
 i_B = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos(\omega t + \pi/6) \\
 i_C = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos(\omega t + 2\pi/3) \\
 i_D = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos(\omega t + 5\pi/6) \\
 i_E = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos(\omega t + 4\pi/3) \\
 i_F = \sqrt{2} \operatorname{Im} \cos(\omega t - 15\pi/10)
 \end{cases} \quad (2.1)$$

Acești curenți parcurgând înfășurarea hexafazată produc forțele magnetizante a căror fundamentală poate fi exprimată analitic astfel:

$$\begin{cases}
 F_A = F_{m1} \cos \omega t \cos x\pi/\tau \\
 F_B = F_{m1} \cos(\omega t + \pi/6) \cos(x\pi/\tau + \pi/6) \\
 F_C = F_{m1} \cos(\omega t + 2\pi/3) \cos(x\pi/\tau + 2\pi/3) \\
 F_D = F_{m1} \cos(\omega t + 5\pi/6) \cos(x\pi/\tau + 5\pi/6) \\
 F_E = F_{m1} \cos(\omega t + 4\pi/3) \cos(x\pi/\tau + 4\pi/3) \\
 F_F = F_{m1} \cos(\omega t + 15\pi/10) \cos(x\pi/\tau + 15\pi/10)
 \end{cases} \quad (2.2)$$

unde, pentru expresiile de mai sus:

$$F_{m1} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi \cdot p} \cdot W_1 \cdot k_{W1} \cdot I \quad (2.3)$$

unde: W_1 – numărul de spire a înfășurării
 K_{W1} – factorul de bobinare
 I_m – valoarea instantanee a curentului de fază
 p – numărul de poli ai motorului

Prin descompunerea produsului cosinusurilor în sumă și însumarea componentelor fazelor obținem formula pentru curba fundamentală a forței de magnetizare a motorului.

$$F_1 = 3 \cdot F_{m1} \cos(\omega t - x\pi/\tau) \quad (2.4)$$

Expresia obținută reprezintă o undă a forței de magnetizare, care produce un câmp magnetic învârtitor circular, cu amplitudinea de trei ori mai mare decât a forțelor de magnetizare a fazelor. Prin programarea expresiilor pentru forțele de magnetizare a fazelor înfășurării hexafazate nesimetrice, se obține interpretarea grafică a acestora, conform (fig. 3).

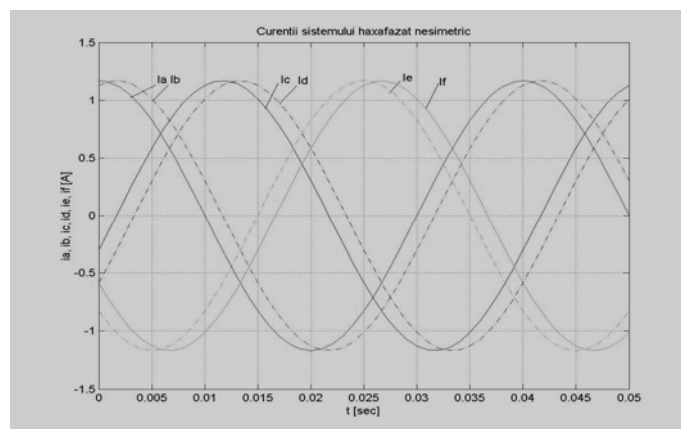


Figura 3: Variația curenților statorici în timp

3. Elaborarea modelului matematic al M.A.H.N

În procesul de studiu al mașinilor electrice este necesar să vedem, dacă motorul asupra căruia se efectuează studiul va fi sau nu capabil de lucru în diferite regimuri tranzitorii la pornire și funcționare. Aceasta se poate

de verificat ridicând toate caracteristicile motorului de studiat. În realitate aceste caracteristici pot fi obținute numai după ce avem deja motorul asupra căruia se efectuează studiul. Cu acest scop în ajutor ne vine calculatorul cu diferite programe de analiză și calcul, pentru a putea simula și modela procesele tranzitorii necesare. Problema principală a modelării matematice a motorului asincron hexafazat, care de fapt, reprezintă obiectul de studiu al lucrării, constă în determinarea relațiilor de tensiune, curent, și flux ale motorului în funcție de timpul petrecerii procesului tranzitoriu, pentru a analiza rezultatele simulării la calculator, obținute în formă grafică pentru diferite procese. O altă problemă, importantă pentru modelarea matematică a motorului asincron hexafazat nesimetric este numărul de ecuații scrise pentru fazele tensiunii și fluxului statoric și rotoric ale motorului, care sunt în număr total de 24 de ecuații, câte 12 pentru tensiune și 12 pentru flux. Reducerea numărului masiv de ecuații de rezolvat pentru rotorul și statorul M.A.H.N se face prin intermediul transformărilor de coordonate de la un sistem de mărimi hexafazate la un sistem de mărimi bifazate cu câte două axe dispuse ortogonal în referențial de axe fixat de stator, în rezultatul realizării acestei transformări de coordonate numărul de ecuații se reduce esențial. Transformarea de coordonate se realizează cu ajutorul fazorului spațial reprezentativ scrise pentru un sistem de mărimi hexafazate, iar definirea fazorului este posibilă după adoptarea ipotezelor generale de simplificare. Pentru simplificarea rezolvării sistemelor de ecuații matematice diferențiale și liniare a modelului se acceptă următoarele ipoteze generale de simplificare cunoscute:

4. Ipoteze adoptate pentru simplificare

- Se consideră că mașina asincronă are 6 înfașurări montate pe stator și rotor, iar rotorul mașinii este scurtcircuitat.
- Alimentarea mașinii se face de la un sistem nesimetric de tensiune hexafazat.
- În procesul de studiu al mașinii se neglijează saturația mașinii și efectul refulării curentului în conductori.
- Inductivitățile motorului se consideră mărimi constante.
- Permeabilitatea magnetică a sistemului magnetic al mașinii este infinit de mare $\mu_r = \infty$.
- Crestăturile mașinii se consideră înecate, astfel încât întrefierul mașinii este drept.

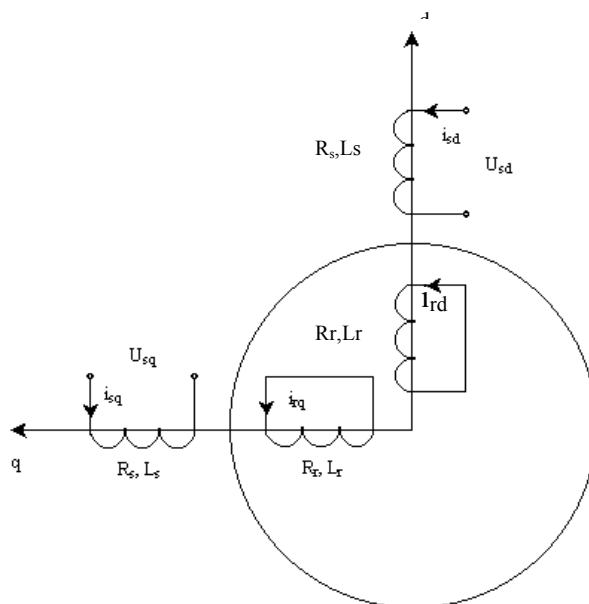


Figura 4: Modelul matematic bifazat al M.A.H.N.

Transformările de coordonate, ori elaborarea modelului matematic bifazat al M.A.H se realizează cu ajutorul fazorului spațial reprezentativ. Fazorul spațial reprezentativ reprezintă un vector de generalizat, care descrie concomitent valorile instantanee ale mărimilor de fază atât în timp cât și în spațiu.

Formulele schimbului de bază de la șase faze la două dispuse ortogonal se face cu ajutorul fazorului propriu zis, dacă peste sistemul hexafazat se suprapune un sistem ortogonal de axe d-q, axele A și d fiind suprapuse,

atunci acelaș fazor poate fi exprimat și în componentele axelor d și q. Astfel se obține ecuațiile matriciale de trecere de la un sistem hexafazat nesimetric la unul bifazat și invers.

$$\begin{bmatrix} \Phi_A \\ \Phi_B \\ \Phi_C \\ \Phi_D \\ \Phi_E \\ \Phi_F \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \times \begin{bmatrix} 1 & \sqrt{3}/2 & -1/2 & -\sqrt{3}/2 & -1/2 & 0 \\ 0 & 1/2 & \sqrt{3}/2 & 1/2 & -\sqrt{3}/2 & -1 \end{bmatrix} \times \quad (4.1)$$

5. Rezultatele simulării pe calculator

Pentru simularea și analiza proceselor tranzitorii ale M.A.H.N se obțin următoarele caracteristici experimentale ca: dependența curentului, cuplului și vitezei rotorice la pornire.

$M_{em}, I_s, W_r = f(t)$, pentru analiza variației cuplului electromagnetic, curentului statoric și vitezei rotorice la pornirea motorului, fazorii componentelor curenților statorici $I_{sd} = f(I_{sq})$, caracteristicile de funcționare $\eta, \cos\phi = f(P_2)$, caracteristica mecanică dinamică $M_{em} = f(\Omega)$. Rezultatele simulării sunt date în continuare:

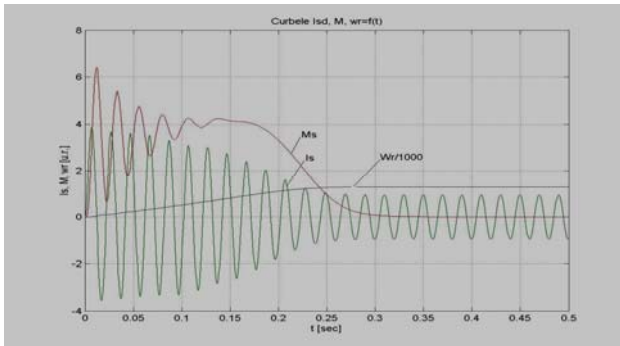


Figura 5: Variația curentului, cuplului și vitezei rotorice la pornirea M.A.H.N. $M_{em}, I_s, W_r = f(t)$

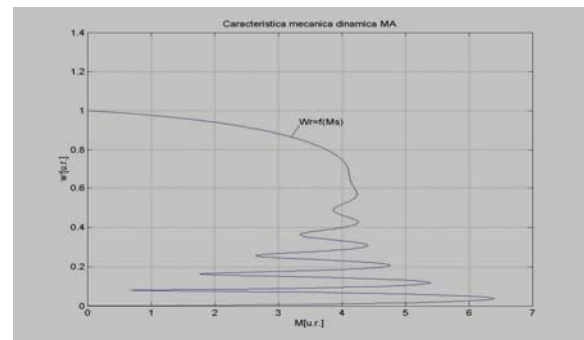


Figura 6: Caracteristica mecanică dinamică $M_{em} = f(W_r)$

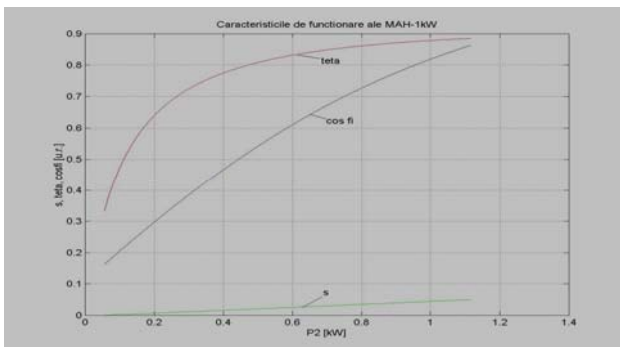


Figura 7: Caracteristicile de funcționare $\cos\phi, \eta = f(P_2)$

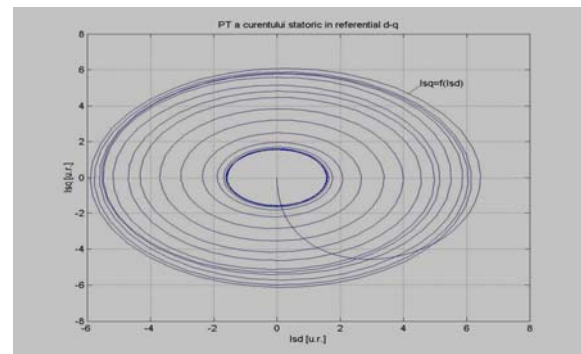


Figura 8: Curenții statoricii în referențial de axe bifazat $I_{sd} = f(I_{sq})$

Concluzie:

În lucrare s-a descris construcția M.A.H.N-1kW, pentru care s-au dedus ecuațiile circuitului magnetic s-a elaborat modelul matematic bifazat și simulat procesele tranzitorii. S-au calculat curenții de fază care produc fluxul magnetic util și cuplul rotitor al motorului. Rezultatele simulării sunt date pentru toată lungimea pachetului statoric și rotoric al M.A.H.N.

Bibliografie

1. V.F. Brajnicov, B. P. Soustin, *Teoria ustanovivshihya electromagnitnyh procesov v mnogofaznom asinhronnom invertornom electroprivode*, Editura universității din Crasnoiarisc – 1984, pp 12-32.
2. Iu. Rata, I. Nuca, D. Dimov, *L'étude des priorités du moteur asynchrone hexaphasé déséquilibré*, Proceedings of the 8th International Conference on ELECTROMECHANICAL AND POWER SYSTEMS, october – 2011, pp 451-457.