

ПРЕСМЕТКА НА ЕЛЕКТРО-МЕХАНИЧКИТЕ И РАБОТНИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕДНОФАЗЕН АСИНХРОН МОТОР СО ЗАСЕЧЕНИ ПОЛОВИ СО ПОМОШ НА МЕТОДОТ НА СИМЕТРИЧНИ КОМПОНЕНТИ

Василија Шарац

Технички факултет Битола- Битола Македонија

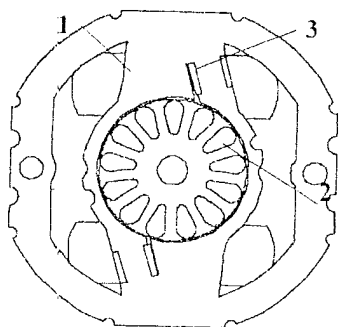
e-mail: sarac@mol.com.mk

Абстракт: Во овој труд ќе биде анализиран еднофазниот асинхрон мотор со засечени полови со помош на методот на симетрични компоненти. Резултатите добиени од анализата на моторот со помош на еквивалентните струјни кола и симетричните компоненти на двофазниот систем ќе бидат споредени со експерименталните резултати. Развојот на автоматиката, роботиката и компјутерската техника допринесе кон развојот на ширка лепеза на специални мотори (микро мотори) кои имаат широка апликација и се интересни за истражување. Еден од нив е еднофазниот асинхрон мотор со засечени полови кој има широка примена во голем број домашни апарати.

Abstract: Single phase shaded pole motor will be analyzed in this paper by method of symmetrical components. Results gained from this analyze using equivalent circuits and symmetrical components of two phase system will be compared with experimental data. Development of automatic, robotic and computer science has lead to development of wide range special motors (micro motors) which have very broad application and are interesting for research . One of them is single phase shaded pole motor which has broad application in large number of household devices.

1. Вовед

Еднофазниот асинхрон мотор е познат по својата едноставна конструкција но и комплексноста во однос на анализата на електромагнетните појави кои се одвиваат во него. Спореден со останатите типови на мотори комплексноста на електромагнетните појави доаѓа од постоењето на три взаемно спрегнати намотки и елиптично вртливо магнетно поле. Во овој труд ќе биде анализиран еднофазен асинхрон мотор со засечени полови АКО-А6 производ на МИКРОН од Прилеп. Поедноставен напречен пресек на моторот со $2p = 2$; $2,4W$; 1200 vrt/min е даден на сл.1



Сл.1. Напречен пресек на еднофазен асинхрон мотор со засечени полови

Со (1) е означена главната статорска или возбудна намотка која е изведена како концентрична намотка околу половите на статорот, со (2) намотката на роторот која кај овој мотор е изведена како кафезна а со (3) е означен кусо врзаниот прстен кој опфаќа дел од полот на статорот.

2. Симетрични компоненти на двофазен систем

За анализа на еднофазниот асинхрон мотор со засечени полови со помош на еквивалентните струјни кола дадени на сл.2, 3, 4 и 5 ќе бидат користени симетричните компоненти на двофазниот систем. Во случај на еднофазниот асинхрон мотор со засечени полови статорските намотки се просторно изместени за агол $\alpha < 90^\circ$ и низ нив протекуваат струи кои се временски изместени за агол β . За симетричните компоненти на струите во возбудната намотка (1) и кусо врзаниот прстен (2) важи:

$$I_1^+ = \frac{I_1 - jI_3}{2} \quad I_1^- = \frac{I_1 + jI_3}{2} \quad (2.1)$$

$$I_3^+ - I_1^+ = \frac{I_3}{2} (e^{-j\alpha} - e^{j\alpha}) \quad (2.2)$$

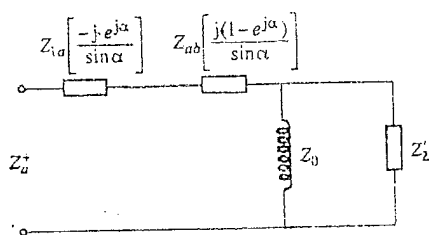
$$I_3^- = -jI_1^+ \quad I_3^+ = -jI_1^- \quad (2.3)$$

За струите во возбудната намотка I_1 и кусо врзаниот прстен I_3 се добива дека:

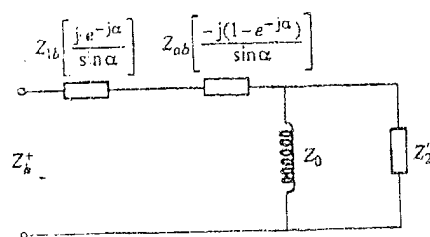
$$I_1 = -j \left(\frac{I_1^- e^{j\alpha}}{\sin \alpha} - \frac{I_1^+ e^{-j\alpha}}{\sin \alpha} \right) \quad (2.4) \quad I_3 = j \left(\frac{I_1^-}{\sin \alpha} - \frac{I_1^+}{\sin \alpha} \right) \quad (2.5)$$

3. Еквивалентни струјни кола

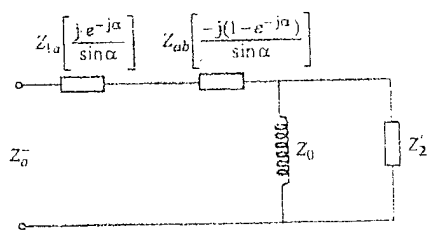
За да се определат симетричните компоненти на струите во статорските намотки како и во роторската се користат еквивалентните струјни кола дадени на сл.2, 3, 4 и 5.



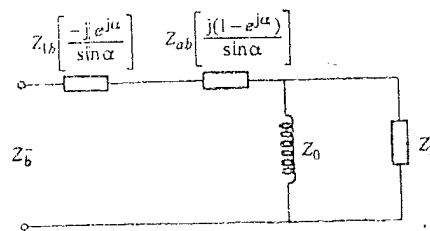
Сл.2 Еквивалентно коло на главната статорска намотка, директен систем



Сл.3 Еквивалентно коло на главната статорска намотка, инверзен систем



Сл.4 Еквивалентно коло на кусо врзаниот прстен, директен систем



Сл.5 Еквивалентно коло на кусо врзаниот прстен, инверзен систем

За падовите на напоните во возбудната намотка на статорот важи следново равенство:

$$U_1 = I_1 Z_{1a} + I_1^+ Z^+ + I_1^- Z^- + (I_1 + I_3) Z_{ab} \quad (3.1)$$

додека за кусо врзаниот прстен важи:

$$U_3 = 0 = I_3 Z_{1b} + I_3^+ Z^+ + I_3^- Z^- + (I_1 + I_3) Z_{ab} \quad (3.2)$$

каде Z_{1a} и Z_{1b} се импеданси на главната статорска намотка и кусоврзаниот прстен соодветно. Z_{ab} е вземна реактанса помеѓу главната статорска намотка и кусоврзаниот прстен. Z_0 е импеданса во гранката на магнетизирање во еквивалентните струјни кола и за неа важи:

$$Z_0 = R_0 + jX_0 = \frac{R_{FE} X_m^2}{R_{FE}^2 + X_m^2} + j \frac{R_{FE} X_m}{R_{FE}^2 + X_m^2} \quad (3.3)$$

X_m - взаемна реактанса помеѓу статорската и роторската намотка.

За импедансите Z^+ и Z^- важи:

$$Z^+ = \frac{Z_0 Z_2^+}{Z_2^+ + Z_0} \quad (3.4)$$

$$Z^- = \frac{Z_0 Z_2^-}{Z_2^- + Z_0} \quad (3.5)$$

$$\text{каде: } Z_2^+ = \frac{R_2'}{s} + jX_2' \quad (3.6)$$

$$Z_2^- = \frac{R_2'}{2-s} + jX_2' \quad (3.7)$$

R_2' и X_2' сведена активна и реактивна отпорност на роторската намотка кон возбудната намотка на статорот.

4. Пресметка на електро-механичките и работните карактеристики

За да се добие симетричната компонента на струјата во возбудната намотка I_1^- се врши замена на (2.1), (2.2), (2.4) и (2.5) во (3.2). Од таму следува:

$$I_1^- = \frac{I_1^+ (jZ_{1b} - e^{-j\alpha} Z^+ \sin \alpha - je^{-j\alpha} Z_{ab} + jZ_{ab})}{jZ_{1b} + e^{j\alpha} Z^- \sin \alpha - je^{j\alpha} Z_{ab} + jZ_{ab}} \quad (4.1)$$

Со замена на (2.4), (2.5) и (4.1) во (3.1) се добива:

$$I_1^+ = \frac{V_1 \sin \alpha (jZ_{1b} + e^{j\alpha} Z^- \sin \alpha - je^{j\alpha} Z_{ab} + jZ_{ab})}{(A \cdot B) + (C \cdot D)} \quad (4.2)$$

$$A = jZ_{1b} - e^{-j\alpha} Z^+ \sin \alpha - je^{-j\alpha} Z_{ab} + jZ_{ab}$$

$$B = je^{j\alpha} Z_{1a} - Z^- \sin \alpha + je^{j\alpha} Z_{ab} - jZ_{ab}$$

$$C = jZ_{ab} - Z^+ \sin \alpha - je^{-j\alpha} Z_{ab} - je^{-j\alpha} Z_{1a}$$

$$D = jZ_{1b} + e^{j\alpha} Z^- \sin \alpha - je^{j\alpha} Z_{ab} + jZ_{ab}$$

α - просторен агол помеѓу оските на симетрија на главната стаотрска намотка и кусоврзаниот прстен.

Со замена на симетричните компоненти на струјата во возбудната намотка I_1^- и I_1^+ во (2.4) и (2.5) се добиваат струите во главната статорска намотка I_1 и кусо врзаниот прстен I_3 соодветно.

Симетричните компоненти на струите во роторската намотка се добиваат од:

$$I_2^- = I_1^+ \frac{Z_0}{Z_0 + Z_2^+} \quad (4.3) \quad I_2^- = I_1^- \frac{Z_0}{Z_0 + Z_2^-} \quad (4.4)$$

односно струјата во роторската намотка: $I_2 = I_2^+ + jI_2^-$ (4.5)

Симетричните компоненти на електромагнетниот момент се пресметуваат од:

$$T^+ = \frac{9,55}{n_s} \frac{2|I_2^+|^2 R_2}{s} \quad (4.6) \quad T^- = \frac{9,55}{n_s} \frac{2|I_2^-|^2 R_2}{2-s} \quad (4.7)$$

додека електромагнетниот момент се пресметува како: $T = T^+ - T^-$ (4.8)

Факторот на моќност $\cos \varphi$ и влезната моќност P_1 се пресметуваат од (4.9) и (4.10)

соодветно:

$$\cos \varphi = \frac{\text{Re } al(I_1)}{|I_1|} \quad (4.9) \quad P_1 = U_1 |I_1| \cos \varphi \quad (4.10)$$

Електромагнетната моќност и електромагнетниот момент се пресметуваат од (4.11) и (4.12)

$$P_{em} = \frac{2|I_2^+|^2 R_2}{s} - \frac{2|I_2^-|^2 R_2}{2-s} \quad (4.11) \quad M_{em} = \frac{9,55}{n_s} P_{em} \quad (4.12)$$

Додека механичката и полезната моќност се добиваат од (4.13) и (4.14):

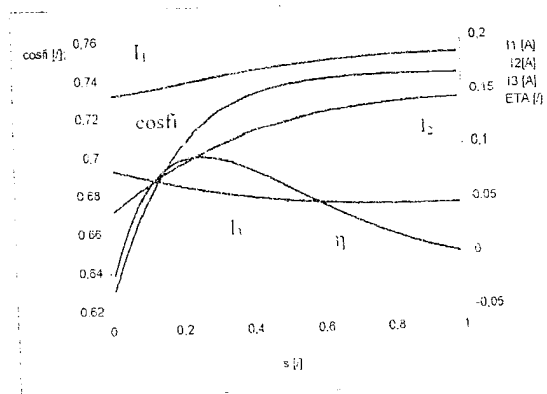
$$P_{mch} = P_{em} (1-s) \quad (4.13) \quad P_2 = \frac{P_{mch}}{1,15} \quad (4.14)$$

Од вака дефинираните моќности може да се пресмета коефициентот на полезно дејство:

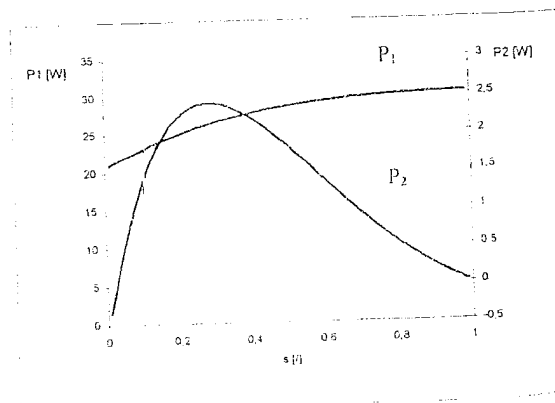
$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (4.15)$$

5. Електро-механички и работни карактеристики

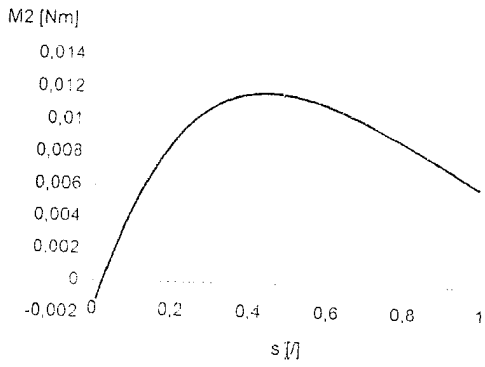
Врз основа на методологијата изложена во точка 4 извршена е пресметка на електро-механичките и работните карактеристики на моторот дадени на сликите 6, 7, 8 и 9.



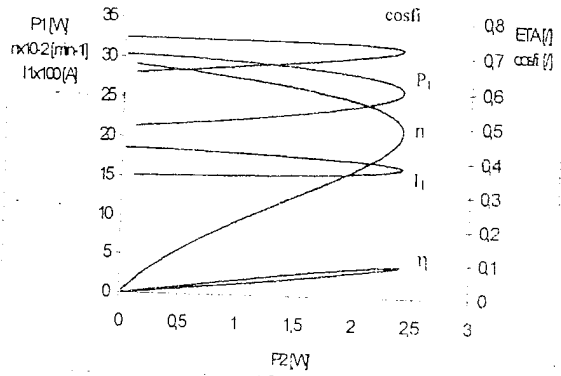
Сл.6 Електро-механички карактеристики $I_1 = f(s)$
 $I_2 = f(s)$; $I_3 = f(s)$; $\cos \varphi = f(s)$ и $\eta = f(s)$



Сл.7 Електро-механички карактеристики
 $P_1 = f(s)$ и $P_2 = f(s)$

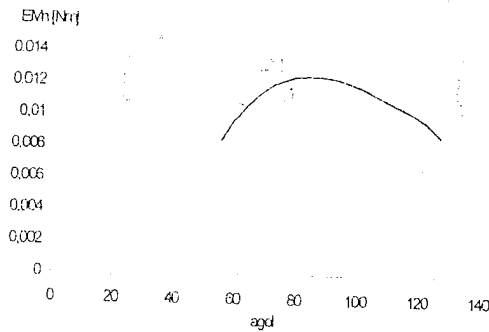


Сл.8 Електромеханичка карактеристика
 $M_2 = f(s)$



Сл.9 Работни карактеристики $\cos \varphi = f(s)$;
 $n = f(s)$; $I_1 = f(s)$; $P_1 = f(s)$ и $\eta = f(s)$

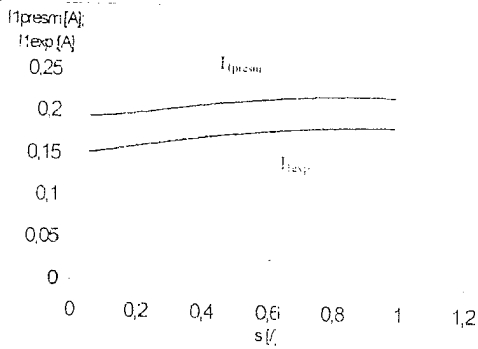
Покрај добивањето на електро-механичките и работните карактеристики извршена е и анализа на влијанието на промената на аголот на засекот на кусоврзаниот прстен врз електромагнетниот момент при номинално лизгање. Оваа промена е претставена на сл.10.



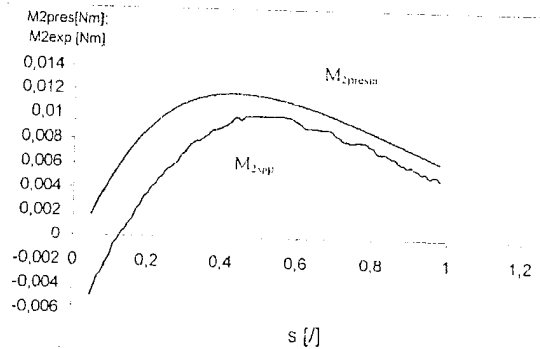
Сл.10 Влијанието на промената на аголот на засекот врз електромагнетниот момент при номинално лизгање

Од добиената карактеристика на сл.10 може да се заклучи дека електромагнетниот момент при номинално лизгање добива максимална вредност при агол на засек на полот со кусоврзаниот прстен $\nu = 80^\circ$ што се совпаѓа со аголот на засек кај изведениот мотор АКО-16 кој изнесува $\nu = 73,21^\circ$.

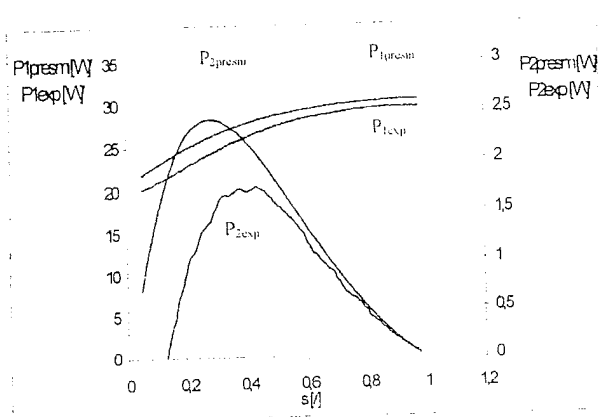
Направена е и споредба на експериментално добиените резултати со пресметаните вредности на I_1 ; M_2 ; P_1 ; P_2 ; η и $\cos \varphi$. Споредбените криви се дадени на сл.11 до 14 соодветно.



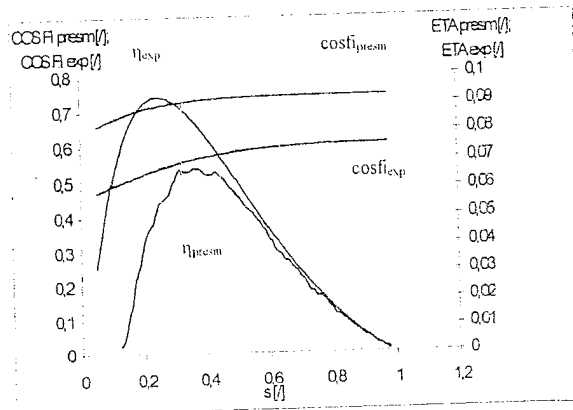
Сл.11 Споредба на пресметаните и екперимен. вредности на I_1



Сл.12 Споредба на пресметаните и експерим. вредности на M_2



Сл.13 Споредба на пресметаните и експерим. вредности на P_1 и P_2



Сл.14 Споредба на пресметаните и експерим. вредности на $\cos \varphi$ и η

6. Заклучок

Во овој труд е прикажан математички модел за пресметка на електро-механичките и работните карактеристики на еднофазен асинхрон мотор со засечени полови. Со користење на симетричните компоненти на двофазниот систем на релативно едноставен и брз начин се добиваат споменатите карактеристики. Добиените резултати се споредени со експерименталните и споредбата покажува задоволително совпаѓање. Дополнително е извршена анализа на влијанието на промената на аголот на засекот на полот врз електромагнетниот момент. Точноста на пресметаните карактеристики пред се зависи од точноста на определувањето на параметрите на моторот. Методот на конечни елементи (FEM) е моќна алатка во добивањето на параметрите на моторот со голема прецизност. Понатамошната работа и истражување ќе одат во таа насока.

7. Референци

- [1] I.E.Devison, "Performance Calculation for a Shaded-Pole Single-Sided Linear Induction Motor Using Summetrical Components and finite element method", Electromotion 4, pp-139-145, 1997
- [2] L.Petkovska, M.Cundev, V.Stoilkov: "Optimal Design and Performance analyses of the Shaded-Pole Motor", Proceedings of 3rd International Conference on Electrical Engineering, Barcelona, Espana, pp-173-181, 1993
- [3] S.S.L.Chang: "Equivalent Circuits and their Application in Designing Shaded Pole Motors", AIEE Transactions, Vol.70, pp-690-699, 1951