

THE ANGULAR CHARACTERISTICS OF ASYNCHRONOUS MACHINES

Marin MIHALACHE

*Polytechnica University of Bucharest,
Electrical Engineering Departement,
email: mamihro@yahoo.com*

Abstract

Usually, the steady-state characteristics of alternating current machines, are in different modes analyzed: in terms of the slip concept (s)-for the asynchronous machines, or as a function of (θ)angle-for the synchronous machines with constant voltage ($u_1 = \text{const.}$), respectively (ψ) angle for the synchronous machines with constant current ($i_1 = \text{const.}$).

In reality, the both types of converters (asynchronous ,synchronous)are characterized ,in the stator frame ,only by synchronous rotating magnetic fields, so a single type of converter exist: - the 'synchronous' converter, with a single type of fundamental characteristics-the angular(synchronous)characteristics.

In this paper, starting from the general currents equation [1], respectively voltages equation[2], the angular characteristic $m = f(\theta)$ -for asynchronous machine with constant voltage, and $m = f(\psi)$ -the torque characteristic at constant current are obtained; if the angle-slip, correspondence relation is utilized, the well known Kloss-formula is refunded.

To compare the performances of the two machines is important to observe their maximum torques- m_{MA} ,for asynchronous , and m_{MS} for synchronous motor; the result is an advantage for asynchronous motor (generally , $m_{MA}/m_{MS} > 1$)for constant voltage fed, respectively an advantage for the synchronous motor($m_{MA}/m_{MS} < 1$) with constant current.

1. INTRODUCERE

In mod uzual, performantele (caracteristicile) de regim stationar ale convertoarelor electromagnetice de current alternativ (masini asincrone ,masini sincrone)sunt analizate in mod diferit, rezultand astfel caracteristici de tip asincron (in functie de alunecare, s) respectiv de tip sincron, in functie de unghiul intern θ (tensiune constanta la borne),sau de unghiul de sarcina Ψ ,pentru current constant.

In realitate ,ambele tipuri de convertoare sunt caracterizate ,intr-un acelas referential,de campuri invarititoare sincrone astfel ca ,din punct de vedere electromagnetic, exista un singur tip de convertor ,cel sincron, ce functioneaza pe principiul atractiei sau respingerii polilor magnetici (principiul acului magnetic,[3])

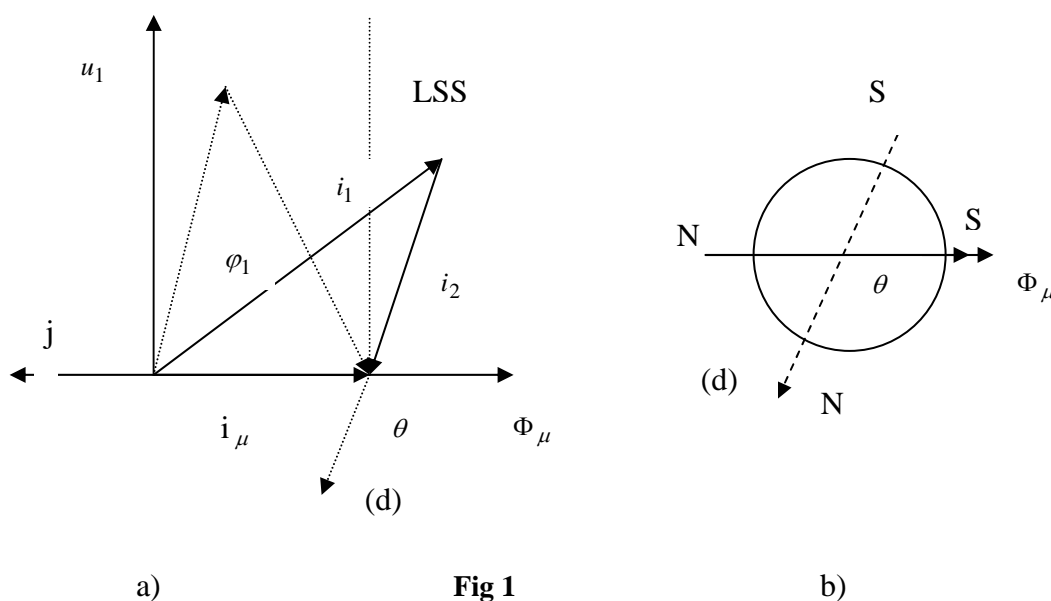
Diferenta fundamentala intre convertorul asincron si cel sincron consta numai in modul de energizare a armaturii secundare (rotorice) ,prin curent de inductie (i_2) la masina asincrona, respectiv prin current de aductie ,de excitatie ($i_2 = i_e$) la masina sincrona, pentru ambele "variante" fiind valabila ecuatia generala a curentilor [3]

$$i_1 + i_2 = i_\mu \quad (1)$$

In continuare, utilizand metoda de analiza din lucrarile [1],[2] se vor cerceta caracteristicile unghiulare de tip sincron, exprimate in functie de unghiul θ (pentru tensiune constanta la borne, $u_1 = \text{const.}$) sau de unghiul ψ , in cazul curentului constant $i_1 = \text{const.}$

2. CARACTERISTICA UNGHIULARA (θ) A MASINII ASINCRONE CU TENSIUNE LA BORNE CONSTANTA ($u_1 = \text{const.}$)

In fig.1a s-a reprezentat, pentru regimul de motor, diagrama fazoriala a curentilor, corespunzatoare ecuatiei(1), considerand $u_1 \approx u_\mu = \text{const.}$, ca origine de faza :



Se evidentiaza unghiul intern θ ca unghiul dintre axa campului magnetic resultant (i_μ , sau Φ_μ) si axa magnetica rotorica (d) –respectiv fazorul curentului rotoric i_2 , cu urmatorul domeniu de valori :

$\theta \in \pi/2 - \pi$, pentru regimul de motor si frana

$\theta \in \pi, - 3\pi/2$, pentru regimul de generator

Astfel, spre deosebire de motorul sincron, ce functioneaza stabil pentru $\theta \leq \pi/2$ (la stanga limitei de stabilitate statica LSS, fig 1a), respectiv prin fenomenul fizic de atractie a polilor magnetici de nume contrar, motorul asincron functioneaza stabil pentru $\theta \geq \pi/2$, respectiv prin respingerea (repulsia) polilor magnetici de acelasi semn (fig. 1b)

Caracteristica unghiulara a puterii active

Conform relatiei de bilant a puterilor active [1], corespunzatoare diagramei curentilor din fig.1a, se obtine expresia de calcul a puterii electromagnetice transferata prin intrefier:

$$p_{em} = u_1 i_2 \cos \varphi_1 = u_1 i_2 (\theta) \sin \theta, \text{ unde } \theta = \pi/2 + \varphi_2 \quad (2)$$

Pentru explicitarea curentului (indus) $i_2 (\theta)$ se au in vedere relatiile cunoscute ale marimilor rotorice :

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = -\operatorname{ctg} \theta = \frac{x_\sigma}{r_2} s = \frac{s}{s_M} = s_M^* \quad , \quad s_M = \frac{r_2}{x_\sigma} \quad (3)$$

$$i_2 \cong \frac{u_1}{\sqrt{x_\sigma^2 + r_2^2 / s^2}} = \frac{u_1}{x_\sigma} \sin \varphi_2 = -\frac{u_1}{x_\sigma} \cos \theta$$

astfel incat se obtine caracteristica unghiulara a masinii asincrone ,exprimata in unitati relative :

$$p_{em} = m_e = -\frac{u_1^2}{2x_\sigma} \sin 2\theta = -m_M \sin 2\theta \quad (\theta \geq \pi/2) \quad , \quad m_M = \frac{u_1^2}{2x_\sigma} \text{ (u.r.)} \quad (4)$$

cu conditia de stabilitate :

$$\frac{dm}{d\Omega_2} = \frac{dm}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{d\Omega_2} \leq 0 \quad , \text{ respectiv } \frac{dm}{d\theta} \geq 0 \quad (\theta = \pi/2 \quad , \quad 3\pi/4) \quad (5)$$

In functie de alunecare (s),in baza relatiei de corespondenta (3) $\theta = f(s)$, respectiv:

$$\sin \theta = -1 / \sqrt{1 + s_M^{*2}} \quad , \quad \text{ si } \quad \cos \theta = s_M^* / \sqrt{1 + s_M^{*2}} \quad (6)$$

caracteristica cuplului electromagnetic (sincron) al masinii asincrone devine :

$$m(s) = -2m_M \sin \theta \cdot \cos \theta = \frac{2m_M \cdot s_M^*}{1 + s_M^{*2}} = \frac{2m_M}{\frac{s}{s_M} + \frac{s_M}{s}} \quad (7)$$

regasindu-se astfel binecunoscuta relatie a lui Kloss din analiza clasica a acestei masini Comparativ cu motorul sincron, (cu cuplul maxim $m_{MS} = u_1 i_{en}$,pentru rotorul cu poli inecati,[3]) ,este relevant raportul cuplurilor maxime ($u_1 = 1$ u.r.):

$$\frac{m_{MA}}{m_{MS}} = \frac{1}{2x_\sigma \cdot i_{en}} \geq 1 \quad (8)$$

rezultand astfel un avantaj relativ al motorului asincron alimentat de la o sursa de tensiune constanta

3. CARACTERISTICA UNGHIULARA (ψ) A MASINII ASINCRONE LA CURENT CONSTANT ($i_1 = \text{const.}$)

In acest caz se va utiliza ecuatia generala a tensiunilor,ca in lucrarea [2] :

$$u_1 + e_2 = j \cdot x_s \cdot i_1 \quad , \quad \text{ unde } \quad e_2 = -j \cdot x_\mu \cdot i_2 \quad \text{ si } \quad x_s = x_\mu + x_{1\sigma} \cong x_\mu \quad (9)$$

Expresia de calcul a puterii electromagnetice transferata prin intrefier se obtine sub forma:

$$p_{em} = m_e = i_1 \cdot e_2(\psi) \cdot \cos(\psi) \quad (10)$$

unde ψ este unghiul de sarcina,dintre axa fazorului curentului i_1 si axa transversala q.

Pentru explicitarea t.e.m. $e_2(\psi)$ se are in vedere expresia(simplificata) a curentului i_2 :

$$i_2 \cong -i_1 \cdot \frac{jx_\mu}{jx_\mu + r_2/s}, \text{ sau } jx_\mu \cdot i_2 + \frac{r_2}{s} \cdot i_2 = -jx_\mu i_1 \quad (11)$$

respectiv virful fazorului i_2 descrie un semicerc cu diametrul $jx_\mu \cdot i_1$,astfel incat se pot scrie relatiile :

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{x_\mu}{r_2} \cdot s = \frac{s}{s_\mu} = s_\mu^* \text{ si } i_2 = i_1 \cdot \frac{s_\mu^*}{\sqrt{1+s_\mu^{*2}}} = i_1 \cdot \sin \psi \quad (12)$$

Se obtine astfel caracteristica unghiulara a masinii asincrone ,exprimata in unitati relative ,sub urmatoarea forma :

$$p_{em} = m_e = x_\mu \cdot i_1^2 \cdot \sin \psi \cdot \cos \psi = m_M \sin 2\psi, (\psi = 0, \pi/2), \text{ cu } m_M = \frac{1}{2} \cdot x_\mu \cdot i_1^2 \quad (13)$$

In functie de alunecare (s) ,cu relatiile de corepondenta $\psi(s)$ de mai sus ,se obtine caracteristica cuplului electromagnetic a masinii asincrone sub forma:

$$m(s) = 2m_M \sin \psi \cdot \cos \psi = \frac{2m_M \cdot s_\mu^*}{1+s_\mu^{*2}} = \frac{2m_M}{\frac{s}{s_\mu} + \frac{s_\mu}{s}} \quad (14)$$

respectiv relatia lui Kloss pentru masina asincrona cu current constant la borne.

Comparativ cu motorul sincron ($m_{MS}=e_0 i_1=x_\mu i_e i_1$) este relevant raportul cuplurilor maxime (pentru $i_1=1$ u.r.) obtinandu-se :

$$\frac{m_{MA}}{m_{MS}} = \frac{1}{2 \cdot i_{en}} \leq 1 \quad (15)$$

rezultand de aceasta data ,un avantaj relativ al motorului sincron fata de cel asincron ,in cazul alimentarii de la o sursa de current constant.

4. CONCLUZII

Rezultatele obtinute in aceasta lucrare permit evidentierea caracteristicilor unghiulare de tip sincron $m = f(\theta)$ si $m = f(\psi)$ pentru masina asincrona cu tensiune la borne constanta($u_1=\text{const.}$),respectiv cu current constant($i_1=\text{const.}$); spre deosebire insa de masina sincrona,caracteristicile unghiulare ale masinii asincrone rezulta ca functiuni trigonometrice de dublul unghiurilor (θ) sau (ψ), tipice masinii sincrone cu reluctanta variabila.Utilizand relatiile de corespondenta $\theta(s)$ sau $\psi(s)$ se regasesc relatiile cuplu-alunecare (Kloss) din teoria clasica a masinii asincrone.

5. BIBLIOGRAFIE

- 1.M.Mihalache, The balance of active and reactive power and the parallel (T)-equivalent circuit of synchronous machines, ATEE"2002, Bucharest, 2002
- 2.M.Mihalache, The series (I) equivalent circuit of synchronous machines, ATEE "2002
- 3.M.Mihalache, Masini Electrice vol.2. U.P.B.. 1996.