



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

METODĂ DE DETERMINARE RAPIDĂ A PUTERII UTILE LA O MAȘINĂ ASINCRONĂ

Elisabeta SPUNEI, Ion PIROI, Florina PIROI

A RAPID METHOD FOR DETERMINING THE NET POWER OF AN ASYNCHRONOUS MACHINE

This work presents a method to rapidly determine the net power of an asynchronous machine running as a motor. For this we read a minimal set of engine speed values, excitation winding current values, power factor values when we know the nominal values of the tested engine. The find the net power values we use the phases in drawing up the circle diagram for an electrical machine. This method can easily used to find the electric energy balance of various industrial units.

Keywords: net power, asynchronous motor, energy balance, circle diagram

Cuvinte cheie: puterea utilă, motor asincron, bilanț electroenergetic, diagrama cercului

1. Introducere

În contextul economisirii energiei electrice cu influențe pozitive asupra reducerii poluării, unitățile industriale sunt obligate să întocmească bilanțuri energetice pentru diferite categorii de energie [1].

În lucrare se prezintă o metodă de determinare rapidă a puterii utile a motorului asincron, putere care se utilizează în întocmirea bilanțurilor electroenergetice.

Prezenta lucrare stă la baza întocmirii unui soft specializat care, în urma achiziției mărimilor de interes, va determina componentele

energiei electrice absorbite de la rețea și randamentul final de utilizare al acesteia.

2. Metodă de determinare a puterii utile a motorului asincron

Pentru a determina puterea utilă a motorului asincron se construiește schema echivalentă în T a acestuia (Fig. 1) cu toate mărimile reduse la stator [2]. În această figura mărimile în complex sunt: \underline{U}_1 tensiunea de alimentare a înfășurării de excitație (statorice), \underline{I}_m este curentul de magnetizare, \underline{Z}_m este impedența de magnetizare, \underline{I}'_2 este curentul din indus, redus la stator, R_{sc} este rezistența de scurtcircuit, X_{sc} este reactanța de scurtcircuit, $R'_2 \cdot (1-s)/s$ reprezintă rezistența de sarcină, reduse la stator. Raportarea la stator a mărimilor rotorice se face prin înmulțirea valorilor reale a acestora cu produsul $k_e \cdot k_i$, unde k_e reprezintă raportul de transformare al tensiunilor, iar k_i reprezintă raportul de transformare al curenților.

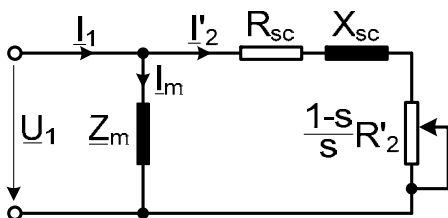


Fig. 1 Schema echivalentă în T a motorului asincron

Rezistența și reactanța de scurtcircuit sunt definite prin relațiile:

$$R_{sc} = R_1 + R'_2 \quad (1)$$

$$X_{sc} = X_1 + X'_2 \quad (2)$$

unde R_1 , X_1 sunt rezistența, respectiv reactanța înfășurării de excitație, iar R'_2 , X'_2 sunt rezistența, respectiv reactanța înfășurării indusului, raportate la stator.

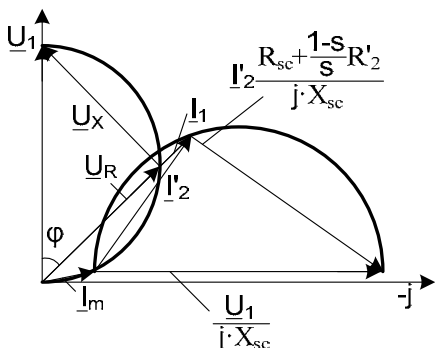


Diagrama fazorială corespunzătoare schemei echivalente în T din figura 1 este prezentată în figura 2.

Fig. 2 Diagrama fazorială corespunzătoare schemei echivalente în T a motorului asincron

Dacă partea reală ($C_1 = 1,04 \div 1,08$) a constantei

complexe ($C_1 = 1 + Z_s/Z_{sm}$) o considerăm unitară atunci curenții I'_2 , $I'_2 \frac{C_1 \cdot R_1 + C_1^2 \cdot R'_2/s}{j(C_1 \cdot R_1 + C_1^2 \cdot X'_2)}$, $\frac{U_n}{j(C_1 \cdot R_1 + C_1^2 \cdot X'_2)}$ se pot scrie simplificat ca și în

figura 2. Se constată că vârfului vectorului, care la o anumită scară reprezintă căderea rezistivă de tensiune \underline{U}_R va fi un cerc de diametru \underline{U}_1 , când alunecarea „s” a rotorului variază între 0 și 1.

Dacă se neglijează și valoarea I_m a curentului de magnetizare, rezultă schema simplificată din figura 3.

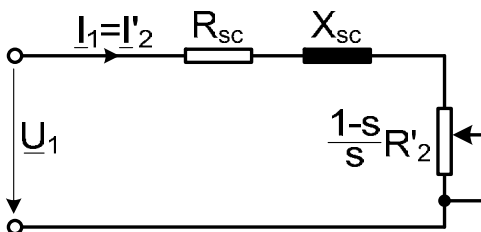


Fig. 3 Schema simplificată a motorului asincron

În figura 4 este prezentată diagrama corespunzătoare schemei simplificate din figura 3.

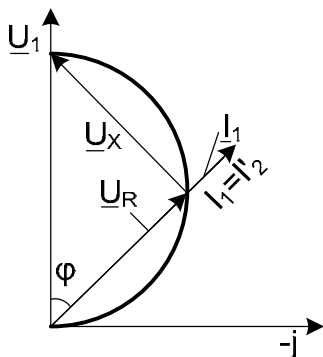


Fig. 4 Diagrama fazorială corespunzătoare schemei simplificate a motorului asincron

Motorul electric asincron poate fi considerat un receptor rezistiv-inductiv având rezistența R , respectiv reactanța X definite de relațiile:

$$R = R_{sc} + \frac{1-s}{s} \cdot R'_2 \quad (3)$$

$$X = X_{sc} = X_1 + X'_2 \quad (4)$$

Pentru un anumit curent I_1 , pe rezistența R apare căderea rezistivă de tensiune \underline{U}_R în fază cu I_1 , iar pe reactanța X căderea inductivă de tensiune \underline{U}_X defazată cu 90° înaintea curentului I_1 .

În consecință, tensiunea \underline{U}_1 de alimentare a înfășurării de fază statorice este dată de relația:

$$\underline{U}_1 = \underline{U}_R + \underline{U}_X \quad (5)$$

iar locul geometric al vârfului vectorului, care la o anumită scară reprezintă căderea rezistivă de tensiune \underline{U}_R va fi un cerc de diametru \underline{U}_1 (figura 2 și figura 4).

Căderea rezistivă de tensiune \underline{U}_R și căderea inductivă de tensiune \underline{U}_X sunt definite, în concordanță cu reprezentările din diagramele fazoriale (figura 2) și (figura 4), de relațiile:

$$\underline{U}_R = \underline{U}_n \cdot \cos \varphi \quad (6)$$

$$\underline{U}_X = \underline{U}_n \cdot \sin \varphi \quad (7)$$

Măsurând valoarea tensiunii \underline{U}_1 de fază statorice, a curentului I_1 din înfășurarea de excitație (statorică) și valoarea factorului de putere, se poate determina căderea rezistivă de tensiune \underline{U}_R și căderea inductivă de tensiune \underline{U}_X cu relațiile (6) respectiv (7). Cu acestea se pot calcula valorile rezistenței R respectiv a reactanței inductive X [3]:

$$R = \frac{U_R}{I_1} = \frac{U_n \cdot \cos \varphi}{I_1} \quad (8)$$

$$X = \frac{U_X}{I_1} = \frac{U_n \cdot \sin \varphi}{I_1} \quad (9)$$

Rezistența R este cea definită de relația (3). Valoarea rezistenței R_{sc} se poate măsura (în cazul motoarelor cu rotorul bobinat) sau se poate determina din regimul de scurtcircuit al mașinii [4], pentru fiecare tip de mașină. Astfel se poate determina rezistența de sarcină redusă la stator, cu relația:

$$\frac{1-s}{s} \cdot R'_2 = \frac{U_n \cdot \cos \varphi}{I} - R_{sc} \quad (10)$$

Pentru o anumită turație „ n ” a motorului se poate calcula alunecarea „ s ” cu relația:

$$s = \frac{n_s - n}{n_s} \quad (11)$$

unde „ n ” este turația rotorului, înscrisă pe plăcuța cu datele nominale ale motorului, „ n_s ” este turația sincronă a câmpului magnetic învârtitor statoric, calculabilă.

Se cunoaște că puterea utilă a motorului se poate calcula cu relația:

$$P_u = \Omega \cdot M = \frac{30}{\pi} \cdot n \cdot \frac{p \cdot m}{\omega_1} \cdot \frac{R'_s}{s} \cdot I_2'^2 \quad (12)$$

unde „ m ” este numărul fazelor statorice (de regulă $m = 3$), Ω este viteza unghiulară $\left(\Omega = \frac{60}{2 \cdot \pi} \cdot n\right)$, iar $\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_1$ este pulsația tensiunii de alimentare. Toate mărimile din ecuația (12) sunt cunoscute în acest moment, deci se poate calcula puterea utilă, la arborele motorului, cu relația:

$$P_u \cong 0,09 \cdot \frac{p \cdot n}{s} \cdot R'_s \cdot I_2'^2 \quad (13)$$

Cunoscând datele nominale ale motorului (numărul „ p ” al perechilor de poli, rezistența înfășurărilor) și achiziționând [5,6] printr-un sistem de achiziție și monitorizare valorile tensiunii statorice \underline{U}_1 , a curentului statoric I_1 , a factorului de putere $\cos\varphi$ se poate determina rapid puterea utilă la arborele fiecărui motor asincron dintr-o unitate industrială, în vederea întocmirii bilanțului electroenergetic al acesteia.

4. Concluzii

- Metoda propusă de determinare a puterii utile a motoarelor asincrone este o metodă simplă ce poate fi utilizată în întocmirea bilanțurilor electroenergetice.

- Utilizând achizițiile mărimilor mai sus precizate se poate întocmi un soft care prelucrează conform relațiilor prezentate mărimile necesare pentru determinarea puterii utile. Determinând total pierderilor de putere, ca diferență între puterile absorbite și cele utile, și separându-le cu ajutorul metodelor cunoscute, se pot întocmi diagramele de bilanț. În funcție de conturul analizat se pot include și pierderile în cabluri.

- Metoda propusă este o contribuție la eficientizarea consumului energetic și identificarea economiilor posibile de energie.

BIBLIOGRAFIE

- [1] * * * Normativul PE 902/86 (reeditat în anul 1995) privind întocmirea și analiza bilanțurilor energetice.
 [2] Piroi, I., *Mașini electrice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 2004.

- [3] Păcurar, C., Topa, V., et.al., *Studies of Inductance Variation for Square Spiral Inductors Using CIBSOC Software*, Environmental Engineering and Management Journal, Volume: 12, Issue: 6, Pages: 1161-1169, Iași, 2013.
- [4] Spunei, E., Piroi, I., *Mașini Electrice – Proiectarea Generatorului Sincron*, Editura Eftimie Murgu, Reșița, 2011.
- [5] Ivanov, V.I., Brojboiu, M.D., et.al., *Experimental System for Monitoring and Diagnosis of a Static Power Converter*, Advances in Electrical and Computer Engineering, Volume: 13, Issue: 2, Pages: 113-120, Suceava, 2013.
- [6] Iudean, D., Munteanu, R., et.al., *Reliability Indicators Analysis for the Cam Box Module of Industrial Knitting Machines*, 49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC), Cluj-Napoca, 2014.

Șef lucr. Dr. Ing. Elisabeta SPUNEI
Facultatea de Inginerie și Management, Universitatea „Eftimie Murgu”
din Reșița, membru AGIR,
email e.spunei@uem.ro

Prof. univ. Dr. Ing. Ec. Ion PIROI
Facultatea de Inginerie și Management, Universitatea „Eftimie Murgu”
din Reșița, membru AGIR,
email i.piroi@uem.ro

Dr. tech. Florina PIROI
Institute of Software Technology and Interactive Systems,
Vienna University of Technology, Austria,
email piroi@ifs.tuwien.ac.at