



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

ASPECTE ENERGETICE LA ALEGEREA UNEI ANTRENĂRI ELECTROMECHANICE

Mihai IONEL, Gheorghe MILOIU

ENERGETIC ASPECTS AT THE CHOICE OF AN ELECTROMECHANICAL DRIVE

This paper estimates an important criterion regarding the choice of an electromechanical drive: energetic efficiency. The efficiency of the driving system is analysed taking into account the transformer and power network, frequency converter, motor, a belt transmission, a gearbox and the coupling between the gearbox and the driven machine.

Keywords: gear motor, reducer, return, choosing a life coach, electromechanical

Cuvinte cheie: motoreductor, reductor, randament, alegerea unei antrenări electromecanice

1. Introducere

În prezent există un număr important de tipuri de reductoare cu roți dințate (în [1, 2, 3, 9] sunt prezentate 20 de tipuri). Totodată există o serie de facilități de natură electrică. În aceste condiții, alegerea unei acționări este o problemă multicriterială.

În lucrarea de față se evaluează un criteriu care se bucură de o atenție tot mai mare: *randamentul energetic al unei acționări electromecanice*.

Pornind de la rețeaua de alimentare la arborele de intrare în mașina antrenată, pentru o aplicație cuprinzând transformatorul și

rețeaua de alimentare, convertizorul de frecvență, motorul, o transmisie cu curele, un reductor și cuplajul dintre reductor și mașina antrenată, randamentul este:

$$\eta_{\text{total}} = \eta_{\text{alimentare}} * \eta_{\text{convertizor}} * \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{curele}} * \eta_{\text{reductor}} * \eta_{\text{cuplaj}}$$

2. Randamentul rețelei de alimentare

Acest randament depinde de decalajul dintre curent (I) și tensiune (U). În general acest randament este cuprins între 95 % și 99 %. Într-o rețea de alimentare cu sarcina rezistivă, curentul electric și tensiunea sunt proporționale (figura 1, a).

Dar, în majoritatea aplicațiilor industriale, există un decalaj între curent și tensiune; în acest caz există sarcini rezistiv-inductive (figura 1, b) sau inductive (figura ,c).

Puterea „activă” real transferată pe durata fiecărei perioade este egală cu integrala puterii instantanee, ceea ce corespunde cu aria de sub curba valorilor instantanee a tensiunii înmulțită cu curentul instantaneu. Pentru sarcina rezistiv-inductivă sau inductivă, pentru intervalele în care tensiunea și curentul au polaritate diferită, se formează sub abscisă așa numita putere reactivă.

Această oscilație de energie nu este utilă: Reprezintă o circulație suplimentară a curentului electric în cabluri și transformatoare, determinând încărcarea acestora, pierderi active suplimentare, utilizarea capacității de încărcare fără folos. Soluția este dimensionarea tehnico-economică a filtrelor de armonici (în general condensatoare) și amplasarea eficientă a filtrelor de armonici în vederea atenuării regimului deformant (anularea decalajului între curent și tensiune).



Fig. 1 Curentul și tensiunea rețelei de alimentare

3. Randamentul utilizării unui dispozitiv de control turație

De cele mai multe ori utilizarea unui dispozitiv de control al turației este considerată un factor de creștere a eficienței. În realitate și aceste dispozitive au un randament, fiind consumatoare de energie. Aceste dispozitive pot ajuta la scăderea energiei consumate doar la pornirea motorului, în rest toate componentele care le alcătuiesc, procesoare, rezistențe, bobine, condensatori, led-uri, utilizează energie și produc căldură, rezultând pierderi de energie. În figura 2 sunt prezentate curbele de moment pentru motoare cu 4, 6 sau 8 poli, gabarite 63-200, respectiv 225-250, în funcție de tipul răcirii (IC 416 – autoventilat; IC 411 – ventilație forțată) și frecvență. Se observă că și în varianta cu ventilație forțată pentru o frecvență mai mică de 25 Hz, randamentul este de aprox. 90 %, iar pentru o frecvență de 87 Hz scade la 80 %.

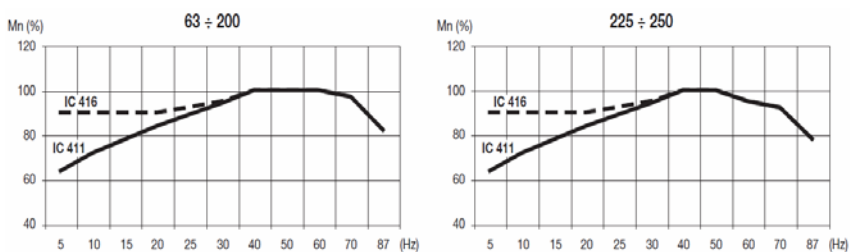


Fig. 2 Momentul nominal al motoarelor cu 4 poli alimentate prin convertizor de frecvență

4. Randamentul motorului

Standardul IEC 60034-30 definește trei clase de eficiență: IE1 – eficiență standard (majoritatea motoarelor actuale), IE2- eficiență înaltă (se încearcă impunerea acestora în următorii ani), IE3 – eficiență premium (sunt puțin utilizate).

Creșterea eficienței motoarelor se obține prin utilizarea unor materiale performante, redimensionarea rotorului și statorului, micșorarea toleranțelor de execuție, proiectarea unor ventilatoare mai eficiente, utilizarea unor lagăre cu coeficienți de frecare mai mici. Aceste motoare cu eficiență înaltă sunt utilizate pentru situațiile de antrenare continuă pentru lungi perioade de timp. În funcție de numărul de ore de funcționare într-un an de zile, dacă se depășesc 8000 de ore se recomandă înlocuirea imediată a motoarelor cu eficiență standard

cu motoare cu eficiență înaltă, iar pentru o durată de funcționare între 4000 și 8000 h/an se recomandă înlocuirea treptată, și nu reparația motoarelor vechi.

În tabelul 1 este prezentat randamentul motoarelor de 4 poli executate de același producător după două clase ale aceluiași standard, ICE: după IE2- eficiență înaltă, respectiv după IE1- eficiență standard.

Tabelul 1

Motoare electrice asincrone trifazate cu patru poli			
Tip Motor	Putere Motor [kW]	Randament motor IE2 eficiență înaltă	Randament motor IE1 eficiență standard
80B4	0,75	79,6	77
90S4	1,1	81,4	79
90L4	1,5	82,8	76
100LA4	2,2	84,3	79
100LB4	3	85,5	83

5. Randamentul unei transmisii intermediare

Sunt aplicații în care motorul electric antrenează reductorul prin intermediul unei transmisii cu curele sau la ieșirea din reductor se folosește o transmisie cu lanț.

Fără a pierde din vedere rolul acestor transmisii ca elemente de siguranță, costurile reduse, montajul care nu necesită precizie de aliniere, trebuie remarcat că aceste transmisii duc la o pierdere suplimentară de energie. De aceea, ori de câte ori este posibil, este preferată varianta motoreductor, pentru a elimina pierderile la intrarea în reductor, respectiv montajul reductorului cu ax tubular de ieșire, direct pe axul mașinii antrenate cu ajutorul brațului de reacție pentru eliminarea pierderilor la ieșirea din reductor.

6. Randamentul reductorului

Reductorul este următorul element care afectează într-o măsură semnificativă randamentul total. O alegere atentă economisește energie și bani, conducând și la o întreținere ușoară.

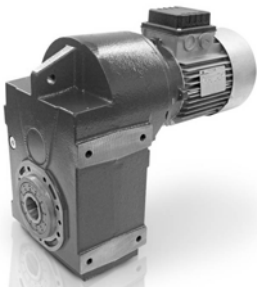
Principalele elemente care influențează randamentul reductorului sunt: angrenajul utilizat, tipul ungerii, uleiului și poziția angrenajelor în baia de ulei, coeficientul de frecare pentru rulmenți și etanșări.

Angrenajele cele mai utilizate sunt cilindrice, conice, melcate. În general, angrenajele cilindrice și conice au un contact de rulare care permite un randament de aproximativ 98,5 % pe treaptă, în timp ce angrenajele melcate având un contact de alunecare au randamente mult mai scăzute, în general între 50 % și 90 % [7, 8].

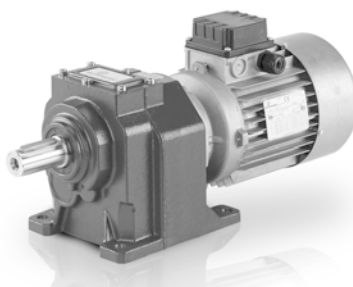
Randamentul angrenajului melcat crește cu creșterea numărului de începuturi la melc. La creșterea randamentului reductoarelor are un efect pozitiv și utilizarea uleiului sintetic [4, 6].

Foarte importantă este și poziția angrenajelor în baia de ulei. Dacă treapta de ulei este complet imersată în ulei cum se întâmplă de exemplu la reductoarele cilindrice cu ax de ieșire vertical, randamentul reductorului scade din cauza frecărilor suplimentare dintre angrenaje și ulei.

În general în cataloage sunt evidențiate momentele sau randamentele pentru cazul cel mai frecvent de montaj - figura 3 și 4 și tabelul 2 (Randamentul reductoarelor care stau la baza motoreductoarelor din figurile 3 și 4), dar care nu este și cel mai dezavantajos din punct de vedere al randamentului.



a - Motoreductor cu axe paralele

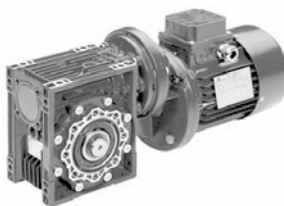


b - Motoreductor cu axe în prelungire

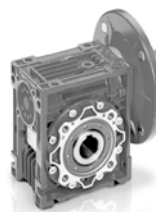
Fig. 3 Motoreductoare cu axele paralele sau în prelungire



a - Motoreductor conico-cilindric



b - Motoreductor cilindro-melcat



c - Motoreductor melcat

Fig. 4 Motoreductoare cu axele ortogonale

Tabelul 2

Reductoare cilindrice (cu axele paralele/cu axele în prelungire)	0,95
Reductoare melcate (raport 5-60; turație de intrare 1000 rpm)	0,95 - 0,65 ulei mineral 0,96 - 0,68 ulei sintetic
Reductoare cilindro-melcate (raport treapta cilindrică 3, raport treapta melcată 5 - 60; turația de intrare 1000 rpm)	0,93 - 0,59 ulei mineral 0,94 - 0,61 ulei sintetic
Reductoare elicoidale în două trepte	0,9
Reductoare conico - cilindrice	0,95

7. Randamentul cuplajului

Cuplajul de pe ieșirea reductorului determină la rândul său o pierdere de energie, datorată frecării dintre elementele sale, urmare a nealinierii între axul reductorului și axul mașinii antrenate. În acest caz randamentul poate fi între 93 % și 98 %.

În cazul montării pendulare a reductorului nu apar pierderi.

8. Exemple

Se consideră două exemple.

Exemplul 1: Antrenarea unei benzi transportoare cu funcționare 24 h/zi timp de 300 zile/an cu o turație de aproximativ 30 rpm, pentru care este necesară o putere efectivă de 2 kW.

Soluția existentă constă din: instalația de alimentare fără filtre, motorul electric, o transmisie cu curea raport 2, un reductor melcat raport 25, un cuplaj Oldham între axul de ieșire al reductorului și axul tamburului motor al benzii. În acest caz randamentul sistemului este :

$$\eta_{\text{total}} = \eta_{\text{alimentare}} * \eta_{\text{convertizor}} * \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{curea}} * \eta_{\text{reductor}} * \eta_{\text{cuplaj}}$$

$$\eta_{\text{total}} = 90 \% * 1 * 79 \% * 98 \% * 82 \% * 95 \% = 55 \%$$

Puterea consumată într-un an:

$$P = 2 \text{ kW} * 24 \text{ h/zi} * 300 \text{ zile} / 0,55 = 26182 \text{ kWh/an}$$

$$\text{Costul energiei} = 26182 \text{ kWh} * 0,3 \text{ lei/kWh} = 7855 \text{ lei}$$

Dacă însă s-ar pune filtre pe rețeaua de alimentare pentru anularea decalajului între curent și tensiune, s-ar utiliza un motor cu eficiență înaltă, s-ar utiliza un motoreductor conico-cilindric renunțându-se la transmisia cu curea și la cuplajul dintre reductor și tambur în favoarea montajului pendular, randamentul total ar deveni :

$$\eta_{\text{total}} = 99 \% * 1 * 84,3 \% * 1 * 91 \% * 1 = 76 \% .$$

Puterea consumată într-un an: $P = 2 \text{ kW} * 24 \text{ h/zi} * 300\text{zile}/0,76 = 18947 \text{ kWh/an}$

Costul energiei = $18947 \text{ kWh} * 0,3 \text{ lei/kWh} = 5684 \text{ lei/an}$

Rezultă într-un an de zile o diferență între cele două sisteme de 2171 lei, adică aproximativ valoarea investiției necesare schimbării primului sistem cu cel de-al doilea, obținând reducerea costurilor cu energia electrică.

Exemplul 2: Acționarea unei porți plane pentru un stăvilor cu funcționare 0,2 h/lună timp de 12 luni/an cu o turație de aproximativ 30 rpm pentru care este necesară o putere efectivă de 2 kW.

Soluția existentă este compusă din: instalația de alimentare fără filtre, motorul electric, o transmisie cu curea raport 2, un reductor melcat raport 25 și o acționare șurub-piuliță.

În acest caz randamentul sistemului este :

$$\eta_{\text{total}} = \eta_{\text{alimentare}} * \eta_{\text{motor}} * \eta_{\text{curea}} * \eta_{\text{reductor}} * \eta_{\text{șurub-piuliță}}$$

$$\eta_{\text{total}} = 90 \% * 79 \% * 98 \% * 82 \% * 25 \% = 14,5 \%$$

Puterea consumată într-un an:

$$P = 2\text{kW} * 0,2 \text{ h/lună} * 12 \text{ luni}/0,145 = 34 \text{ kWh/an.}$$

Costul energiei = $34 \text{ kWh} * 0,3 \text{ lei/kWh} = 10 \text{ lei.}$

În acest caz, chiar dacă am înlocui sistemul de transmitere cu unul ideal cu randament 1 (deși nu s-ar asigura autoblocarea), nu se justifică înlocuirea.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Ionel, M., Miloiu, G., Manolache, Ș., *Aspecte tehnice și comerciale la alegerea motoreductoarelor de uz general*. În: Știință și Inginerie, vol.14, pag. 311-316, Editura AGIR, București, 2008.
- [2] Miloiu, G., Ionel, M., *Noi aplicații ale angrenajelor elicoidale*. În: Știință și Inginerie, vol.16, pag. 701-706, Editura AGIR, București, 2009.
- [3] Miloiu, G., a.o., *On the multicriterial selection of the geared motor type in a drive system application*. The 12th International Conference on Machine Design and Production, 05-08 Sept. 2006, Kusadasi, Turkey, pag. 947-957.
- [4] Miloiu, G., Ionel, M., *Asupra eficacității uleiurilor sintetice la ungerea reductoarelor melcate*. În: Știință și Inginerie, vol.14, pag. 465-470, Editura AGIR, București, 2008.
- [5] Dobre, G., Mirică, R.F., Ionel, M., *A brief review of gear dimensioning: types, ways*. În: The 3rd International Conference Power Transmissions'09, 1-2 Oct.2009, Chalkidiki, Greece.
- [6] Miloiu, G., Ionel, M., *Cercetări experimentale privind eficacitatea uleiurilor sintetice la ungerea reductoarelor melcate*. În: Știință și Inginerie, vol.14, pag. 303-310, Editura AGIR, București, 2008.
- [7] Miloiu, G., Constantin, T., Vintilă, H., *Multicriterial selection of parameters for cylindrical worm gears*. În: PRASIC' 98, vol.2, pag. 289-294, Universitatea Transilvania Brașov, 1998.
- [8] Moişan, J.M., *Consideration interessantes sur la rendement des engrenages à vis tangentes bien realises*. În: Congres Mondial des Engrenages, Paris, 1977, vol.II, pag. 1357-1374.
- [9] Miloiu, G., Mirică, R.F., Dobre, G., *Tipuri de motoreductoare*. În: Știință și Inginerie, vol.9, pag. 357-362, Editura AGIR, București, 2006.

Ing. Mihai IONEL

Specialist SC Corner Prod Câmpina, membru ROAMET
e-mail: corner@zappmobile.ro

Dr.Ing. Gheorghe MILOIU

Specialist SC Confind Câmpina, membru ROAMET
e-mail: gmiloiu@confind.ro;