

MOTOARE ELECTRICE

Motoarele electrice transforma energia electrica absorbita din retelele de alimentare in energie mecanica. Aceasta transformare se face prin cuplajul electromagnetic in rotatie, al celor doua circuite electrice (circuitul statoric si circuitul rotoric).

Motoarele electrice se impart in doua mari grupe:

- Motoare de curent continuu.
- Motoare de curent alternativ.

Motoarele electrice de curent continuu se impart, in trei categorii, potrivit celor trei tipuri de excitatie si anume:

- Motoare derivatie.
- Motoare serie.
- Motoare mixte.

Motoare electrice de curent alternativ sunt:

- Monofazate.
- Polifazate.

Motoarele electrice de curent alternativ se impart in doua categorii principale si anume: motoare asincrone si motoare sincrone. Cele asincrone pot fi: cu inele de contact (rotorul bobinat), rotorul in colivie si de tipuri speciale.

MOTORUL ELECTRIC ASINCRON

Motorul electric asincron este o masina electrica simpla, robusta, avand un randament bun si un cuplu de pornire ridicat. Este caracterizat printr-o viteza de functionare care variaza cu sarcina (la frecventa constanta a curentului de alimentare). Ca orice masina electrica, motorul asincron este reversibil, adica, daca este antrenat de un alt motor primar la viteze suprasincrone, el functioneaza ca generator electric.

Cand motorul asincron functioneaza in gol, el absoarbe un curent aproape in intregime reactiv (pentru magnetizarea circuitului sau magnetic). Pentru pierderi in infasurari, mecanice si de ventilatie, el absoarbe un curent activ relativ redus.

Masina sincrona consta dintr-o armatura statornica, numita stator si o armatura rotorica numita rotor. Statorul format din unul sau mai multe pachete de tole are in crestaturi o infasurare monofazata sau trifazata care este conectata la retea si formeaza inductorul masinii. Rotorul este format tot din pachete de tole, care in crestaturi poate avea o infasurare trifazata conectata in stea cu capetele scoase la trei inele sau o infasurare in colivie. Dupa forma infasurarii rotorului masinile asincrone se mai numesc masini asincrone cu inele si masini asincrone sau cu rotor in colivie.

Elemente de baza ale infasurarilor : infasarile de curent alternativ au unele particularitati specifice. Astfel, infasurarea de faza corespunde unei tensiuni de faza a masinii si poate fi formata din una sau mai multe bobine repartizate in crestaturi si conectate serie, paralel sau serie-paralel. Trei infasurari de faza conectate in stea sau in triunghi formeaza o infasurare trifazata.

Tensiunile electromotoare induse in cele trei infasurari de faza trebuie sa fie simetrice (decalate la 120 de grade) si echilibrate suma lor vectoriala fiind nula. Aceste conditii sunt indeplinite daca cele trei infasurari de faza au aceiasi numar de spire, iar bobinele lor se succed in aceiasi ordine sub toti polii.

Sucesiunea curentilor din cele trei infasurari de faza este in sensul orar si coincide cu succesiunea fazelor. Daca se inverseaza doua conductoare de la retea de alimentare de exemplu R cu S, succesiunea fazelor curentilor din infasurari se schimba, iar succesiunea zonelor de faza devine II-I-III, deci campul invaritator isi schimba sensul, schimband la randul sau sensul de rotatie al arborelui motorului.

Regimurile de functionare a masinii asincrone

- regim de motor, in acest caz masina primeste energie electrica si dezvolta la arbore un cuplu mecanic
- regim de generator, in acest caz masina primeste energie mecanica la arbore si da energie electrica

Reglajul turatiei motoarelor asincrone

Regajul turatiei prin schimbarea numarului de perechi de poli se adopta pentru motoarele asincrone in colivie bobinate special. Regajul se face in doua sau trei trepte cu raportul de 2/1, respectiv 1,5/1, prin comutarea sectiunilor bobinajelor de faza.

Prin micșorarea turatiei performantele motorului scad ceea ce impune atentie in alegerea lor.

Reglajul turatiei prin variatia frecventei curentului statoric se face cu ajutorul convertizoarelor care dau la iesire tensiuni si frecvente variabile in limitele 35-380 V si 5-200Hz.

Convertizorul este capabil de sarcini de durata scurta, permitand motoarelor sa functioneze la cupluri de pornire si la socuri de sarcina.

Reglajul turatiei prin variatia alunecarii se adopta la motoarele asincrone cu inele prin introducerea in circuitul rotoric a reostatelor de pornire si reglaj, reglajul nefiind insa sensibil in sarcini reduse si fiind si neeconomic din cauza pierderilor de energie activa se aplica de regula numai la motoare de puteri relativ reduse si numai in cazuri extreme la motoare mari.

Factorul de putere($\cos\phi$), imbunatatirea factorului de putere

Receptoarele electrice prevazute cu bobinaje, cum sunt motoarele electrice, consuma in afara de energie electrica activa care serveste la efectuarea lucrului mecanic, si o energie suplimentara denumita energie reactiva, care serveste la magnetizarea lor interna

In procesul de productie a energiei electrice, energia reactiva provoaca o defazare (intarziere intre tensiune) reprezentata printr-un unghi de defazaj ϕ .

Aceasta defazare este cu atat mai mare cu cat cererea de energie reactiva este mai mare.

Puterea activa- $P=UI\cos\phi$

Putere reactiva- $Q=UI\sin\phi$

Furnizarea de către centralele electrice și a unei energii reactive, simultan cu cea activă, produce o încărcare suplimentară a generatoarelor și a rețelelor de transport, ceea ce conduce la pierderi mari de putere și energie în acestea.

Relația care dă factorul de putere este :

- $\cos\varphi = P/S$; care reprezintă raportul dintre puterea electrică activă și puterea electrică aparentă.

Instalații pentru îmbunătățirea factorului de putere

Compensarea energiei reactive se face :

- centralizat sau semicentralizat, prin montarea bateriilor de condensatoare la tablourile generale sau la tablourile de distribuție ale grupelor de receptoare.
- local, la bornele receptoarelor

Condensatoarele ca și bateriile de condensatoare se aleg astfel în cât să suporte în funcționare continuă un curent de maxim 1,3 ori curentul nominal și o tensiune de maxim 1,9 ori tensiunea rețelei.

Bateriile de condensatoare se prevăd cu dispozitive de descărcare automată sau manuală, alese astfel în cât, după cel mult 1 minut de la deconectarea bateriei, tensiunea la bornele ei să scadă sub 42V.

Bateriile de condensatoare comutabile se prevăd cu dispozitive de descărcare automate.

Compensatorul sincron este un motor sincron care se utilizează exclusiv pentru îmbunătățirea factorului de putere, fără sarcină la arbore, se construiesc în general pentru puteri mari (peste 5000kvar) și se folosesc pentru îmbunătățirea factorului de putere în rețele electrice.

Compensatorul sincron, în afara de îmbunătățirea factorului de putere, poate servi și ca regulator al tensiunii unei rețele electrice, prin variația excitației

Domenii de utilizare a motorului asincron

Se utilizează aproape în exclusivitate ca motor în acționările cu turatie constantă și mai rar la turatie variabilă, din cauza instalațiilor de alimentare costisitoare

Motoarele asincrone trifazate formează cea mai mare categorie de consumatori de energie electrică din sistemul energetic, fiind utilizate în toate domeniile de activitate (mașini-unelte, macarale, pompe, ventilatoare, etc.)

PORNIREA MOTOARELOR ASINCRONE

Alegerea motorului și a modului de pornire depinde de cuplul static rezistent al mecanismului de antrenat și de curentul de pornire admis pentru motor (să nu distrugă termic înfășurările) și pentru rețeaua de alimentare (caderea de tensiune produsă să nu dauneze receptoarelor cuplate la aceeași rețea). Pornirea trebuie să se facă fără socuri periculoase pentru elementele de transmisie.

Pornirea prin conectare directa la reseaua de alimentare se adopta cand motorul are putere mai mica de 4 kW-220V si 5 kW-380V, consumatorul fiind racordat direct la retea.

In functie de necesitatile de actionare, conectare se poate face :

- prin intrerupator manual pentru motoare pana la 1kW
- prin contactor fara sau cu relee termice sau prin intrerupator automat, comandate local sau de la distanta, manual sau automat

Alegerea aparatelor de conectare trebuie sa asigure capacitatea de conectare din momentul pornirii, iar acelor de protectie, nefunctionarea sub actiunea curentului de pornire.

Pornirea prin comutator stea-triunghi se adopta cand motoarele depasesc puterile maxim admise pentru pornire directa si pana la 100kW (pentru puteri mai mari nu se obtin rezultate satisfacatoare din cauza valorilor mari ale socurilor si variatilor de curent si cuplu din momentul comutatiei).

Conectarea se face prin comutatoare stea-triunghi manuale sau automate cu comanda de la distanta sau automat.

Avantajul scaderii curentului de pornire este limitat de scaderea in aceiasi raport a cuplului de pornire.

Alte conditii ce se cer la acest gen de pornire :

- tensiunea motorului actionat trebuie sa fie astfel ca in conexiunea de regim normal (triunghi) sa primeasca tensiunea de linie a retelei de alimentare
- capacitatea de inchidere si de rupere a contactelor trebuie sa reziste curentilor actionati la comutare
- comutatia din stea in triunghi trebuie reglata (la comutatoarele automate) sau manevrata (la cele manuale) pentru momentul in care cuplul motor al conxiunii

in stea are aceiasi valoare cu cuplul rezistent si punctul de functionare pe ramura stabila a functionarii sale

Pornirea prin autotransformator se adopta cand motoarele au puteri peste 100kW.

Autotransformatoarele de pornire pot fi comandate manual, prin controlari inclus, sau automat, de la distanta.

Raportul de transformare al autotransformatorului $U_1/ U_2=1/0,64=1,57$

Functionarea schemei b. (pornirea motorului asincron in colivie prin autotransformator cu doua contactoare)

La apasarea butonului S_1 se inchide circuitul : faza T, S_1 apasat, contactul K_3 normal inchis, bobina de comanda a contactorului KR la nul (pe E).

Cupland contactorul KR prin contactele acestuia se aplica tensiunea trifazata a retelei la contactele normal inchise ale releului termic F_2 , prin contactele acestuia se alimenteaza autotransformatorul T. Care are rolul de a limita tensiunea, implicit curentul la pornire.

Dupa ce motorul a intrat in turatie nominala se decupleaza intrerupatorul K_2 (care scoate din circuit autotransformatorul T) si se cupleaza intrerupatorul K_2 care scurtcircuiteaza autotransformatorul si comuta alimentarea motorului direct la retea.

La decuplare se apasa butonul S_2 care intrerupe alimentarea bobinei contactorului KR, care la randul sau desface contactele, intrerupand alimentarea motorului.

Pornirea prin reactor se adopta mai rar pentru motoare de mare putere si medie tensiune cand nu sunt autotransformatoare .

Reactoarele utilizate pot fi comutate prin separatoare de sarcina, contactoare sau intreruptoare automate, comandate de regula manual de la distanta.

Functionarea schemei (pornire motorului asincron in colivie prin reactor)

La apasarea butonului S_1 , se inchide circuitul care alimenteaza bobina a contactorului K_1 (faza T, siguranta fuzibila, contactele butonului S_1 apasat, contactele normal inchise ale butonului S_2 prin bobina contactorului la nul) care cupleaza contactele contactorului K_1 alimentand de la retea reactorul L, prin contactele normal inchise ale releului de curent F_2 .

Dupa ce motorul a intrat in turatie nominala se cupleaza intreruptorul K_2 care scurtcircuiteaza reactorul L, alimentand direct de la retea motorul M.

La decuplare se apasa butonul S_2 care intrerupe alimentarea bobinei contactorului K_1 , care la randul sau deschide contactele contactorului K_1 intrerupand alimentarea motorului.

Pornirea prin rezistente electrice montate in circuitul statoric, se mentioneaza numai ca posibilitate, nu se asigura decat pornirea in gol sau la sarcini foarte reduse in plus marestre pierderile de putere activa

Functionarea schemei (de pornire a motorului asincron in colivie prin rezistente) este identica cu schema pornirii motorului asincron in colivie prin reactor.

Pornirea motoarelor electrice asincrone cu inele – problemele de baza ale pornirii motoarelor asincrone cu inele, sunt puse de marimea cuplului de pornire si de marimea socului de curent la pornire.

Pentru ca rotorul motorului sa poata sa se accelereze, trebuie ca motorul sa dezvolte un cuplu mai mare decat cuplul rezistent produs de mecanismul antrenat si de frecari.

Intr-o serie de cazuri (mori cu bile, compresoare, intalatii de foraj) este necesar un cuplul de pornire, chiar mai mare uneori decat cuplul nominal cea ce duce la marirea curentului de pornire absorbit la retea de alimentare care este limitat de unele conditii impuse chiar de retea.

La pornire alunecarea este mare ce ii corespunde unui curent mare de pornire (5-7ori mai mare decat curentul nominal). Pe masura ce motorul se accelereaza si alunecarea scade, scade si curentul absorbit de la retea pana la limitele impuse de sarcina motorului.

Metoda cea mai eficace este aceea a introducerii in serie cu infasarile de faza ale rotorului a unor rezistente care vor mica curentul prin acest circuit si implicit pe cel absorbit de stator din retea. Scoaterea treptata din circuit a acestor rezistente, pe masura ce turatia motorului creste, pana la scurtcircuitarea rotorului cand se obtine turatia nominala, permite variati curentului si a cuplului de pornire in limite normale.

Aceste limite se asigura prin selectionarea rezistentelor de pornire in trepte sau a reostatelor reglabile care sunt construite de obicei pe baza de rezistente metalice (uneori cu ulei de racire) sau rezistente lichide (placi metalice care se introduc mai mult sau mai putin intr-o baie de apa).

Functionarea schemei a (pornirea motorului asincron cu inele prin reostat).

Prin cuplarea intreruptorului Q_1 si contactorului Q_2 se asigura alimentarea infasurarilor statorice ale motorului, contactele S_{1e} si S_{2e} ale contactorului Q_2 , se asigura alimentarea reostatului cu tensiunea retelei (faza R si S) iar faza T prin siguranta fuzibila F_2 .

Maneta controlerului la pornire se afla pe pozitia N (toate rezistentele sunt cuplate in circuit ce asigura un curent minim la pornire).

Trecand maneta controlerului pe pozitile A, A_1 , A_2 , se obtine scoaterea treptata din circuit a acestor rezistente, pe masura ce turatia creste pana la scurtcircuitarea acestora.

La decuplare, se decupleaza intreruptorul Q_1 care intrerupe alimentarea motorului.

MOTORUL ELECTRIC SINCRON

Motorul sincron se compune din doua parti constructive de baza

- statorul, partea imobila care cuprinde miezul feromagnetic statoric, infasurarea, carcasa, scuturile cu paliere.
- rotorul, parte mobila, care cuprinde miezul feromagnetic, infasurarea rotorica, inele colectoare si ventilator.

Miezul statoric al motoarelor sicrone nu se deosebeste in principiu de miezul statoric al motoarelor asincrone. El este construit din tole de otel electrotehnic izolate intre ele, cu crestaturi in care este plasata o infasurare trifazata.

Miezul rotoric are doua variante constructive : cu poli aparenti sau poli inecati

Miezul cu poli aparenti este format dintr-o serie de poli cu piese polare, fixate la periferia unei roti polare solitare cu arborele masinii. Poli poseda infasurari de excitatie in curent continuu, bobinele de excitatie ale polilor se leaga in serie sau paralel, in asa fel incat polaritatea polilor sa alterneze.

Alimentarea bobinelor de excitatie de la o sursa exterioara se realizeaza prin intermediul a doua inele colectoare solitare cu arborele, izolate intre ele si fata de masa, la care se leaga capetele infasurari de excitatie, si prin intermediul a doua perii fixe care freaca pe inelele colectoare.

Miezul rotoric cu poli inecati este o constructie cilindrica masiva din otel, cu mare rezistenta mecanica, la periferia rotorului se taie o serie de crestaturi, in care se plaseaza spirele bobinelor de excitatie in curent continuu ale polilor.

Aceasta constructie prezinta o mare siguranta mecanica, se folosesc la masini sincrone cu viteze mari de rotatie.

Motorul sincron nu dezvolta cuplu de pornire, dar printr-un mijloc oarecare este antrenat pana la viteza de sincronism, atunci el poate dezvolta un cuplu activ.

PORNIREA MOTOARELOR SINCRONE

Motorul sincron poate fi adus la viteza de sincronism prin antrenarea lui de catre un motor asincron cuplat pe acelasi arbore, care dupa intrarea in sincronism a motorului sincron, este scos din functiune.

O alta metoda este pornirea in asincron in acest caz, motorul sincron este prevazut cu o colivie pe rotor, care dezvolta un cuplu asincron suficient pentru a accelera rotorul la mersul in gol sau cu sarcina redusa, pana aproape de viteza de sincronism.

In timpul pornirii in asincron, infasurarea de excitatie este pusa in scurtcircuit sau inchisa pe o rezistenta pentru anihilarea efectului tensiunii electromotoare care s-ar induce la pornire.

Daca este cazul se introduc in circuitul statoric reactorul sau autotransformatorul si se cupleaza motorul la retea. Cand turatia atinge valoarea de intrare in sincronism, se scoate din circuit agregatul de pornire si se comuta infasurarea de excitatie de pe rezistenta de pornire pe excitatoare.

MOTORUL DE CURENT CONTINUU

La motorul de curent continuu, de regula inductorul este stator, iar indusul rotor.

Circuitul magnetic al masinii este format din jugul statoric masiv sau lamelat (din tole), poli principali lamelati pe care se gasesc bobinele infasurari inductoare si miezul magnetic lamelat al rotorului in crestaturile caruia este infasurarea indusa. Motoarele mai mari, pentru imbunatatirea functionarii lor, sunt prevazute cu poli auxiliari, numiti si de comutatie care au o infasurare proprie.

In motoarele de curent continuu campul inductor este produs de infasurarea de excitatie asezata pe polii principali, sau de magneti permanenti.

Infasurarea indusa de pe rotor este conectata la colector, rolul acestuia este de a redresa curentul alternativ din infasurarea indusa pentru a da in circuitul exterior curent continuu.

Infasurarea de excitatie a motoarelor de curent continuu poate fi alimentata de la surse exterioare masinii cand se spune ca masina are *excitatie separata*, sau chiar de la masina cand se spune ca masina este *autoexcitata*. Masinile cu autoexcitatie pot avea infasarile de excitatie conectate in derivatie, serie si mixta.

Domenii de utilizare

Motoarele de curent continuu se folosesc in diferite sisteme de actionare electrica cu turatie variabila si cuplu mare la pornire (laminoare, masini unelte, masini de extractie miniera, electrocar, tramvai si locomotive electrice)

PORNIREA MOTOARELOR DE CURENT CONTINUU

Motoarele de curent continuu au in momentul pornirii un curent deosebit de mare in raport cu curentul nominal. Socul de curent din momentul pornirii este periculos, desi este de scurta durata, acest soc este periculos uneori pentru reseaua electrica care nu poate sa suporte si este totdeauna periculos pentru motorul insusi.

Socul de cuplu este la randul lui periculos, fiindca el este preluat de catre elementele cinematice intermediare dintre motor si instalatia antrenata.

Pentru a evita aceste neplaceri se utilizeaza reostate speciale de pornire conectate in serie cu motorul, care au o rezistenta variabila in trepte sau continuu, in asa fel incat socul de curent la pornire sa fie micorat la o valoare acceptabila atat pentru comutatie cat si pentru obtinerea cuplului de pornire. Aceasta rezistenta se micsoreaza treptat pana la 0, dupa ce motorul sa pus in miscare si pe masura ce el se accelereaza, curentul scade.

La motoarele de putere relativ mica se utilizeaza de obicei reostate de pornire cu variatie continua. Pentru motoarele de putere medie si mare se utilizeaza reostate cu variatie in trepte.

Pornirea fara reostat de pornire a motoarelor de curent continuu este permisa numai la puteri mici sub un kW.

Motoarele de curent continuu prezinta in privinta reglajului de viteza atat manual cat si automat, avantaje nete fata de motoarele de curent alternativ, privind limitele de reglaj si economicitatea reglajului care se realizeaza prin doua metode:

- Variatia tensiunii la bornele motorului care se realizeaza prin intercalarea intre retea si infasurarea motorului a unei rezistente variabile.
- Variatia fluxului de excitatie care conduce evident la variatia fluxului rezultat se poate realiza prin variatia curentului de excitatie cu ajutorul unui reostat.

PROBLEME

1. Un electromotor trifazat de 1000W (putere nominala) absoarbe un curent de 5A sub un $\cos\varphi=0,8$. Care este tensiunea la care functioneaza electromotorul ?

Rezolvare:

$$U = P / \sqrt{3} I \cos\varphi = 1000 / 1,73 \cdot 5 \cdot 0,8 = 1000 / 6,92 = 144,5$$

2. O linie electrica trifazata, avand $L=100\text{m}$ si $S=25\text{mm}^2$, alimenteaza un electromotor de 10kW; $3 \cdot 380\text{V}$, $\cos\varphi=0,8$; $\eta=0,9$ (se va considera $\gamma=32$).

Sa se determine :

- curentul electric absorbit de electromotor ;
- pierderea de tensiune din linie pana la electromotor ;

Rezolvare :

a) $I_N = P / \sqrt{3} U \cos\varphi \eta = 10000 / 473,3 = 21,1\text{A}$

b) $\Delta U = \sqrt{3} I \cos\varphi / \gamma S = 1,73 \cdot 100 \cdot 31,6 \cdot 0,8 / 32 \cdot 25 = 4374 / 800 = 5,4\text{V}$

$$\Delta U \% = 5,4 \cdot 100 / 380 = 1,4\%$$

3. Un generator de curent alternativ alimenteaza cu energie electrica un circuit care are $\cos\varphi=0,83$. Tensiunea la bornele generatorului este de 200V, curentul in circuit este de 100A. Sa se determine puterea aparenta, activa si reactiva.

Rezolvare :

Puterea aparenta

$$S = U \cdot I = 200 \cdot 100 = 20000\text{VA} = 20\text{Kva}$$

Puterea activa

$$P = UI \cdot \cos\varphi = 200 \cdot 100 \cdot 0,83 = 16600\text{W} = 16,6\text{kW}$$

Puterea reactiva

$$Q = UI \cdot \sin\varphi = 200 \cdot 100 \cdot 0,56 = 11200\text{var} = 11,2\text{kvar}$$

Valoarea de 0,56 a $\sin\varphi$ s-a luat din tabelele trigonometrice dupa ce s-a determinat ca 0,83 corespunde drept $\cos\varphi$ la un unghi de 34° .

Puterea reactiva, in lipsa tabelor trigonometrice, se poate determina si din formula

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{20^2 - 16,6^2} = \sqrt{400 - 275,5} = \sqrt{124,5}\text{kvar}.$$

4. Un electromotor trifazat ale carui infasurari sunt conectate in stea este racordata la o retea cu tensiunea pe faza de 220 V si curentul pe fiecare faza de 10 A.

Sa se determine puterile activa si reactiva ale electromotorului care functioneaza cu un factor de putere de 0,72.

Rezolvare :

Tensiunea de linie este :

$$U_l = \sqrt{3} \cdot U_f = 1,73 \cdot 220 = 380\text{V}$$

Cunoscand factorul de putere de 0,72,determinam unghiul si $\sin\varphi$ care sunt :

$\varphi=44^\circ$; $\sin\varphi=0,69$

Puterea activaeste :

$P=\sqrt{3}\cdot U\cdot I\cdot\cos\varphi=1,73\cdot 380\cdot 10\cdot 0,72=4733,28\text{ W}=4,7\text{kW}$

Puterea reactivaeste :

$Q=\sqrt{3}\cdot UI\cdot\sin\varphi=1,73\cdot 380\cdot 10\cdot 0,69=4536,06\text{var}=4,6\text{kvar.}$

BIBLOGRAFIE

ELECTROTEHNICA, MASINI SI INSTALATII ELECTRICE.

- P. Sonea
 - Al. Fransura
 - A. Nicolaide
 - C Saal
- Editura didactica si pedagogica Bucuresti 1966

MASINI ELECTRICE SI ACTIONARI

- Nicolae V. Botan
- Corneliu Botan
- Nastase Bichir
- Constantiu Popescu

AGENDA ELECTRICIANULUI EDITIA IV-a

- Emil Pietrareanu
- Editura tehnica Bucuresti 1986

MANUAL PENTRU AUTORIZAREA ELECTRICIENILOR INSTALATORI

- Ion Mihai
- Dorin Merisca
- E. Manzarescu

Centru de informare si documentare pentru energetica
Bucuresti 1995