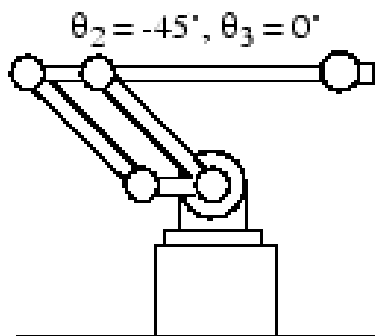


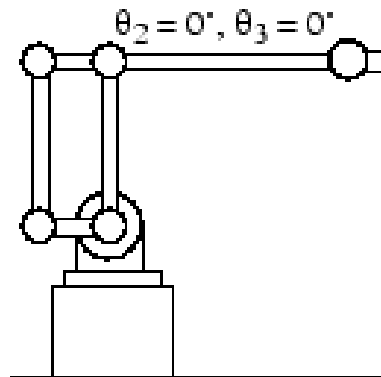
SISTEME DE ACTIONARE

II



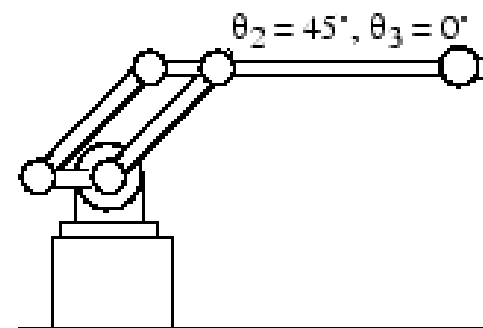
$$\theta_2 = -45^\circ, \theta_3 = 0^\circ$$

$$J_1 = 215 \text{ kgm}^2$$



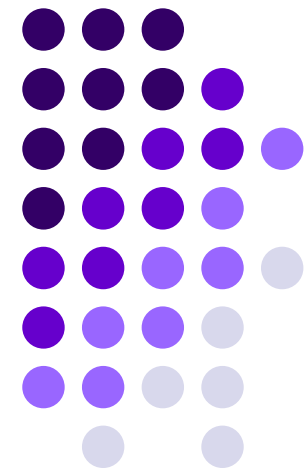
$$\theta_2 = 0^\circ, \theta_3 = 0^\circ$$

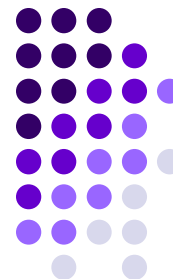
$$J_1 = 170 \text{ kgm}^2$$



$$\theta_2 = 45^\circ, \theta_3 = 0^\circ$$

$$J_1 = 340 \text{ kgm}^2$$

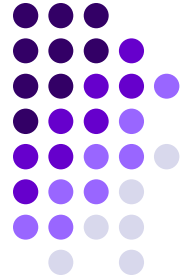




Cuprins_9

Actionare electrica prin motoare de c.a.:

- Introducere
- Complemente de masina asincrona
- Pornirea motorului asincron



Mașina asincronă sau mașina de inducție, are o largă aplicabilitate în acționările electrice datorită *avantajelor* proprii în comparație cu alte mașini:

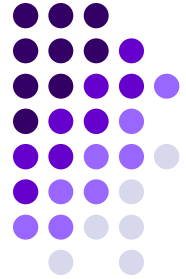
- construcție simplă și robustă;
- siguranță în funcționare;
- preț de cost mai scăzut;
- alimentare directă de la rețeaua de curent alternativ.

Mașinile asincrone au însă și *dezavantaje*:

- dificultăți în reglarea economică a vitezei în limite largi;
- înrăutățirea factorului de putere;
- un gabarit sporit și o greutate mai mare.

Mașinile asincrone se construiesc pentru:

- tensiuni până la 10 kV și o gamă largă de puteri și turații: de la câțiva watt până la zeci de MW și de la sute de rot/min la 3000 rot/min;
- frecvența tensiunii de alimentare este în general 50 Hz.

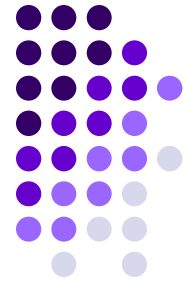
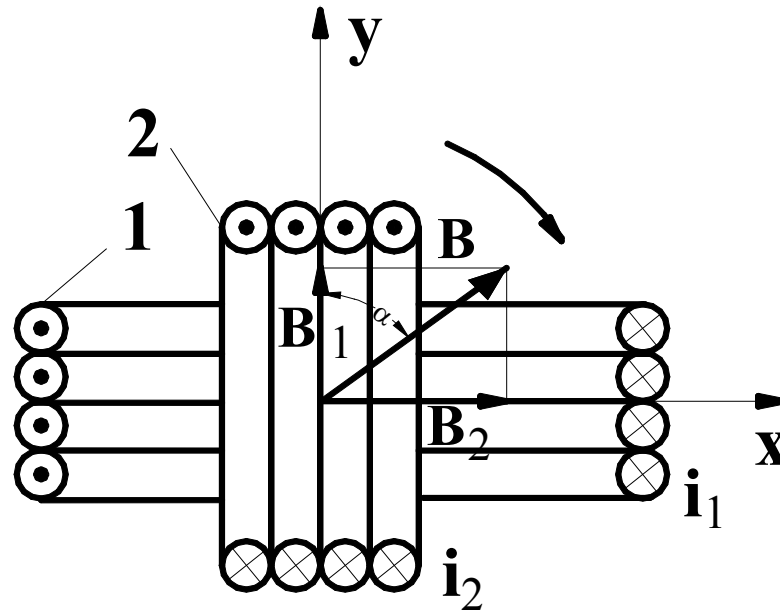


- ❖ Motorul asincron este format din:
 - parte fixă – *stator*;
 - o parte mobilă numită *rotor*.
- ❖ In creștăturile statorice și cele rotorice sunt plasate înfășurări.
- ❖ După construcția înfășurării rotorice se deosebesc:
 - motoare cu *rotorul bobinat* sau cu rotor cu inele colectoare
 - motoare cu *rotorul în scurtcircuit*.
- ❖ Funcționarea motorului asincron se bazează pe *acțiunea câmpului magnetic învârtitor* creat în înfășurarea polifazată statorică.

Cea mai simplă schemă pentru a obține un câmp magnetic învârtitor este formată din două bobine identice 1 și 2, așezate în așa fel încât planurile celor două bobine să fie perpendiculare între ele, bobinele fiind alimentate cu curent alternativ bifazat

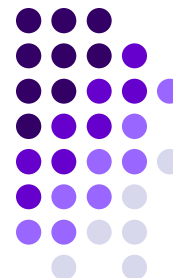
$$i_1 = I_m \cdot \sin \omega t$$

$$i_2 = I_m \cdot \sin \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right)$$

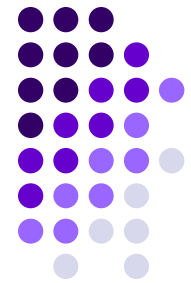
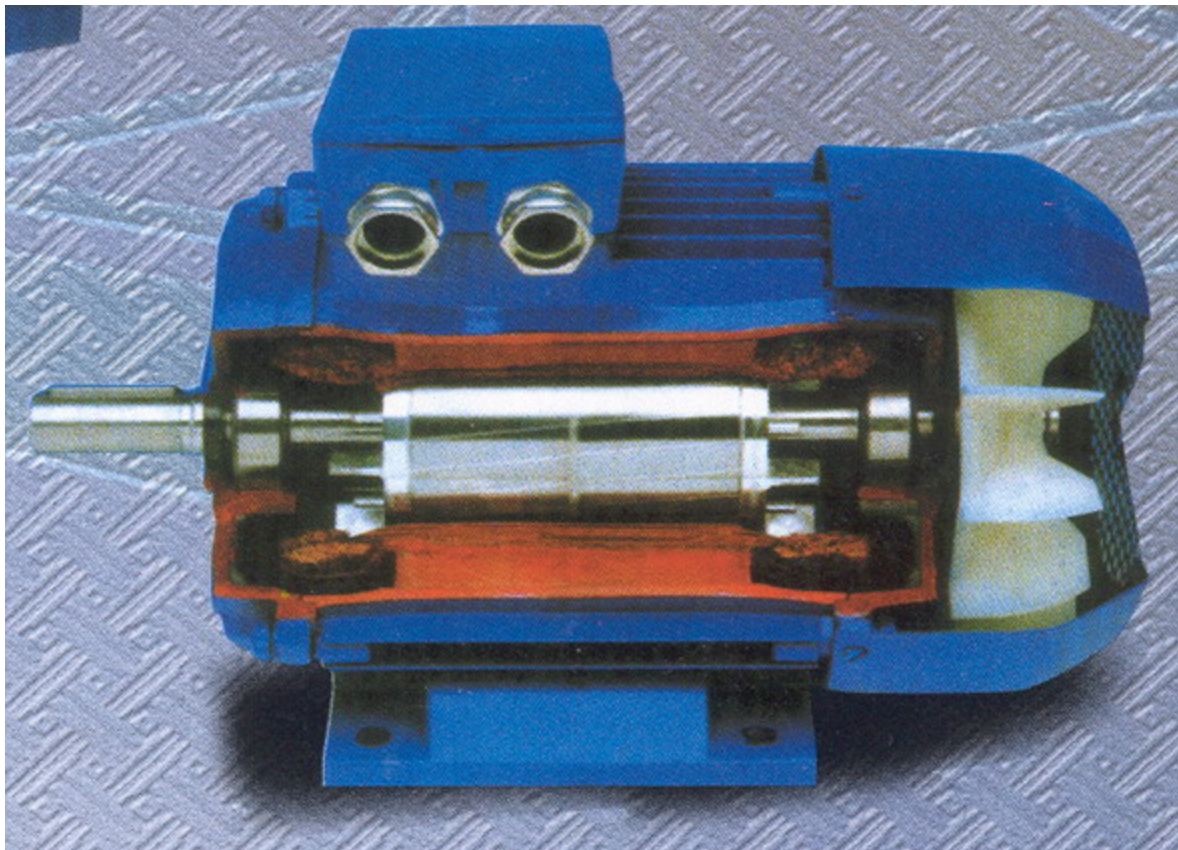


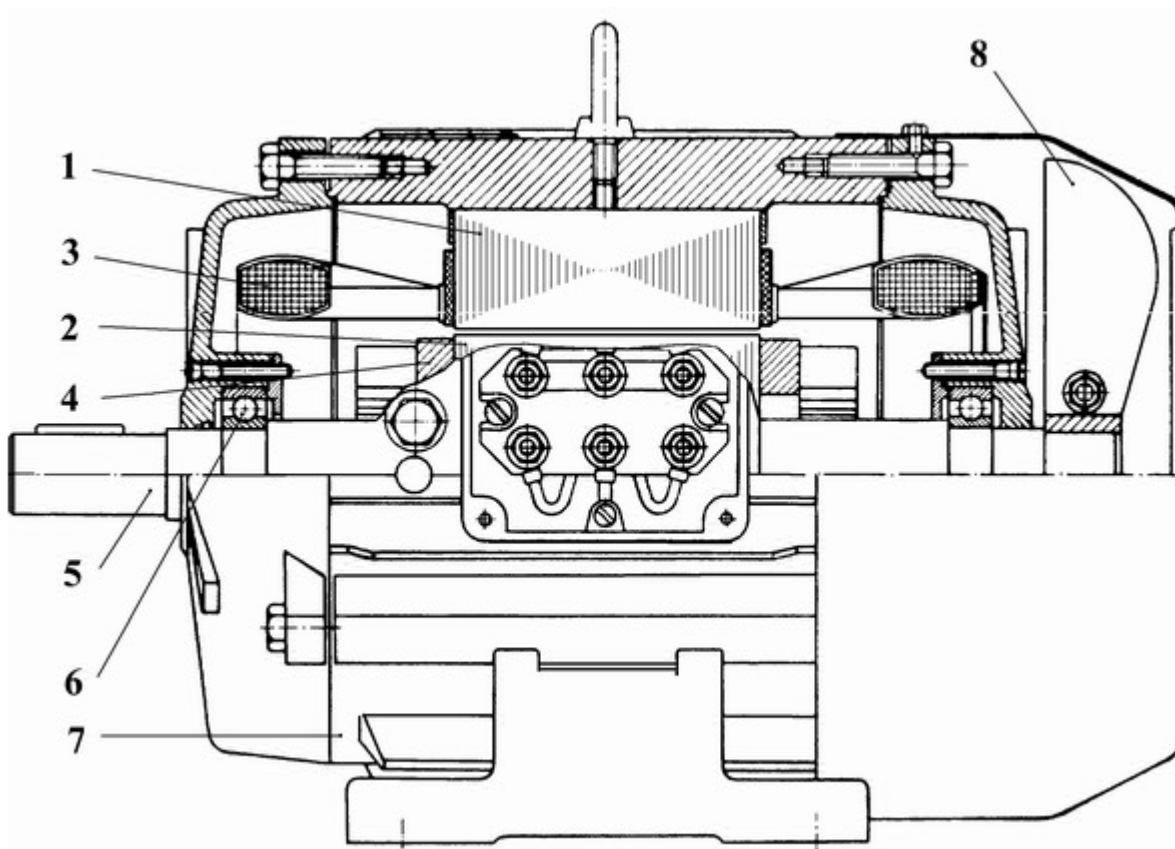
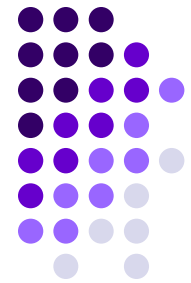
Conform principiilor de bază din electrotehnică:

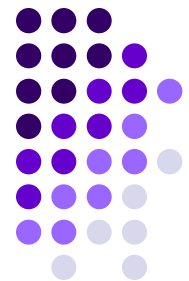
- *valoarea inducției câmpului magnetic rezultat, creat de cele două înfășurări, are o valoare constantă;*
- *câmpul magnetic rezultat se rotește cu o viteză unghiulară constantă Ω_0 în sensul acelor de ceasornic (pentru sensurile pozitive admise).*



- ❖ *Câmpul magnetic învârtitor se poate obține și cu ajutorul curentului trifazat.*
- ❖ *In acest caz trebuie utilizate trei bobine identice, dispuse la 120^0 și alimentate cu curent trifazat.*
- ❖ *inducția câmpului magnetic rezultat va fi constantă ca mărime;*
- ❖ *Câmpul magnetic se va roti cu aceeași viteză unghiulară ca în cazul anterior $\Omega_0 = \omega / p$ unde ω este pulsația rețelei de alimentare iar p numărul de perechi de poli ai mașinii.*
- ❖ *Sensul de rotație a câmpului depinde de succesiunea de alimentare a înfășurărilor;*
- ❖ *Pentru a schimba sensul de rotație a câmpului magnetic învârtitor, este necesar și suficient a schimba alimentarea a două faze între ele.*







Alunecarea:

$$s = \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

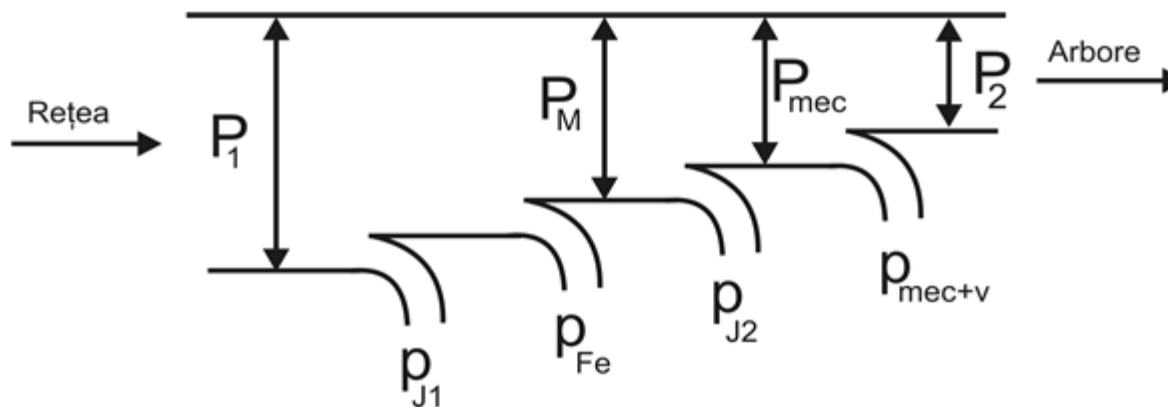
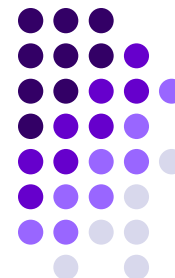
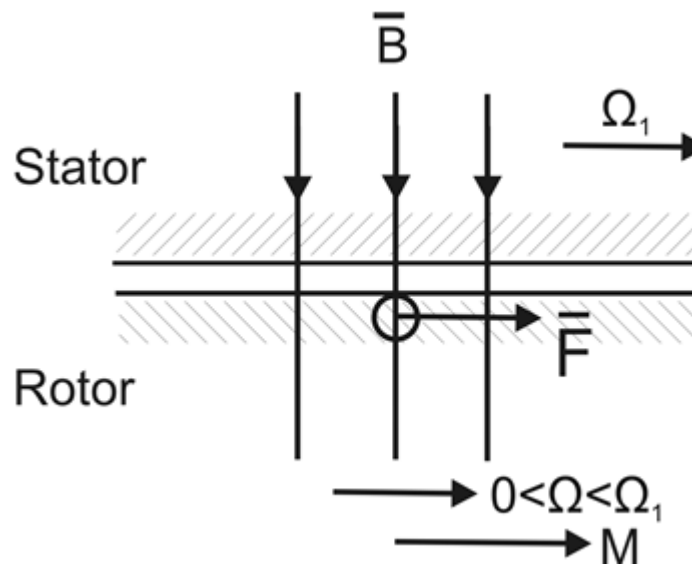
Unde:

- ❖ Ω_0 este viteza unghiulară a câmpului magnetic învârtitor;
- ❖ Ω este viteza unghiulară a rotorului.
- ❖ alunecarea nominală variază în intervalul 1.5 – 6 %, valorile mai mici corespunzând motoarelor mai mari.
- pe lângă lucrul mecanic util la arbore, se mai disipă o parte de energie în înfășurarea rotorică sub formă de căldură;
- puterea P a câmpului magnetic învârtitor trebuie să fie egală cu suma dintre puterea utilă P_2 și puterea disipată în rotor.
- cuplul M creat de câmpul magnetic învârtitor – cuplul electromagnetic – conform principiului acțiunii și reacțiunii, este egal cu cuplul util la arborele motorului.

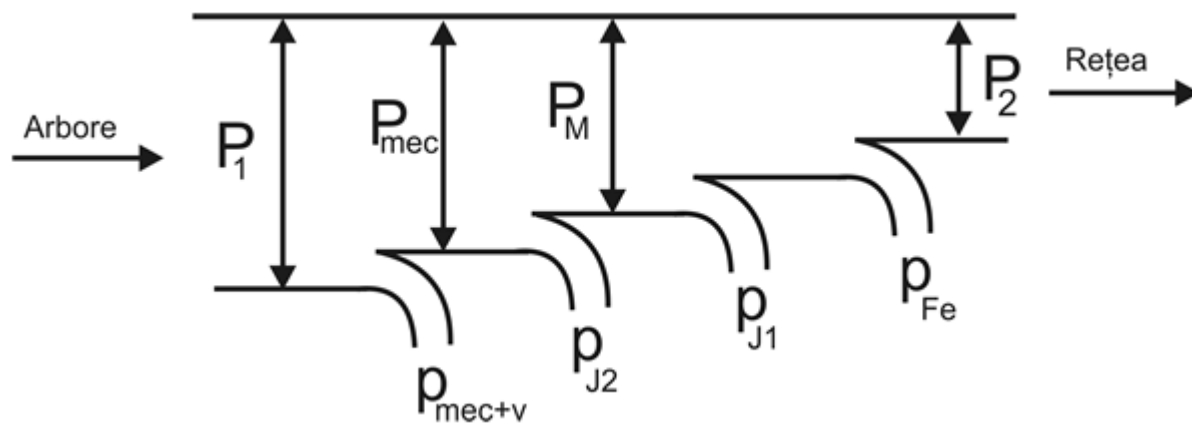
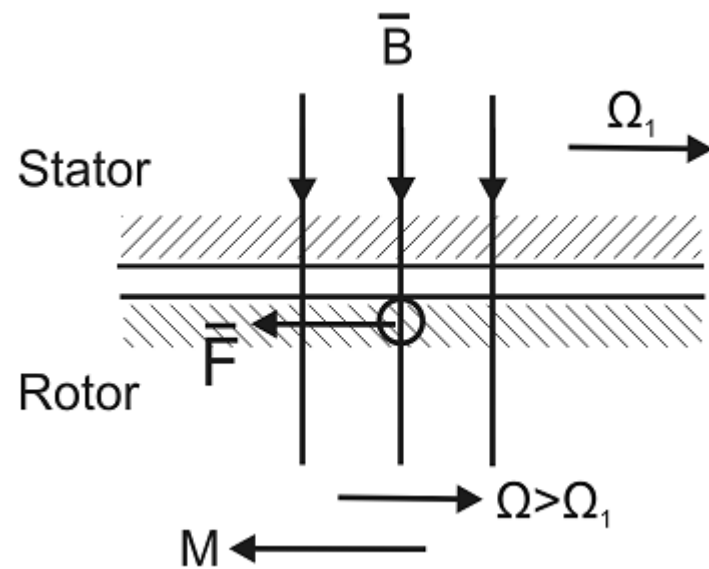
Regimul de motor:

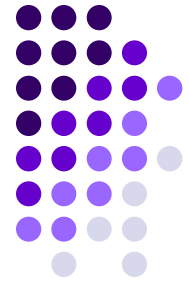
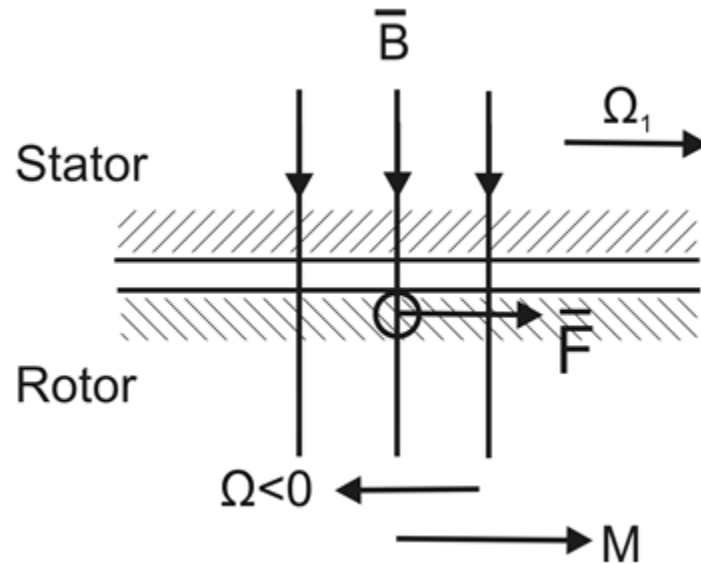
Ω_1 – viteza de sincronism

Ω viteza rotorului

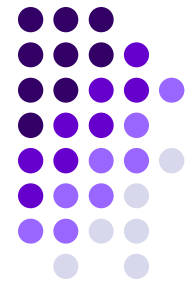


Regimul de generator



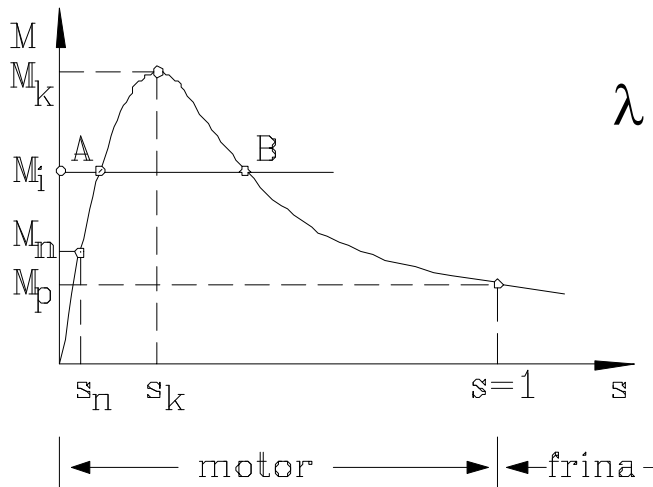


- In cazul regimului de frina electromagnetica, masina este antrenata din exterior in sens contrar campului statoric;
- Masina primeste putere mecanica pe la arbore si putere electrica pe la bornele infasurarii statorice;
- Diferenta se disipa in infasarile masinii



$$M = \frac{m_1 U_1^2}{\Omega_0} \cdot \frac{\frac{R_2'}{s}}{\left(R_1 + C_1 \frac{R_2'}{s} \right)^2 + \left(X_1 + C_1 X_2' \right)^2}$$

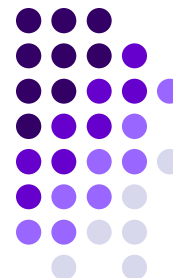
unde: m_1 este numărul de faze din stator ; U_1 – tensiunea pe fază din stator ;
 R_1, R_2', X_1, X_2' – parametrii electrici ai mașinii; C_1 - constantă complexă de modul 1,04 – 1,08



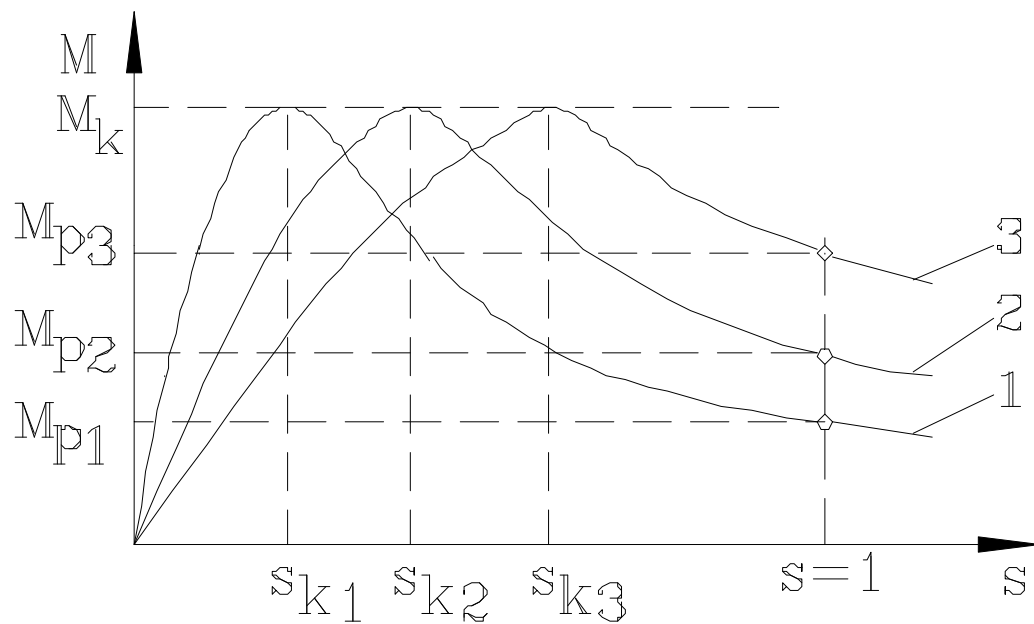
$$\lambda = \frac{M_k}{M_n} = 1,8 \dots 3,5 \quad \text{coeficient de supraîncărcare}$$

$$s_k = (4 \dots 6) s_n \quad \text{alunecare critica}$$

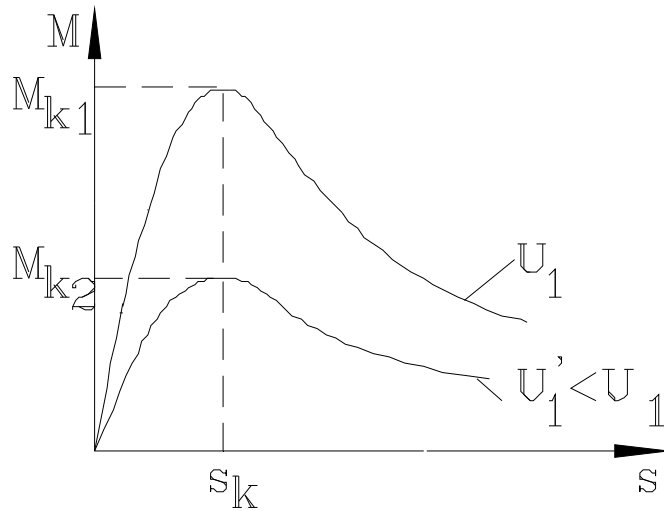
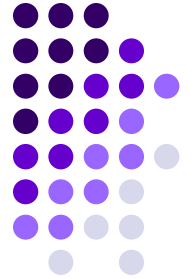
M_k – cuplu critic



$$M = \frac{2 \cdot M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$



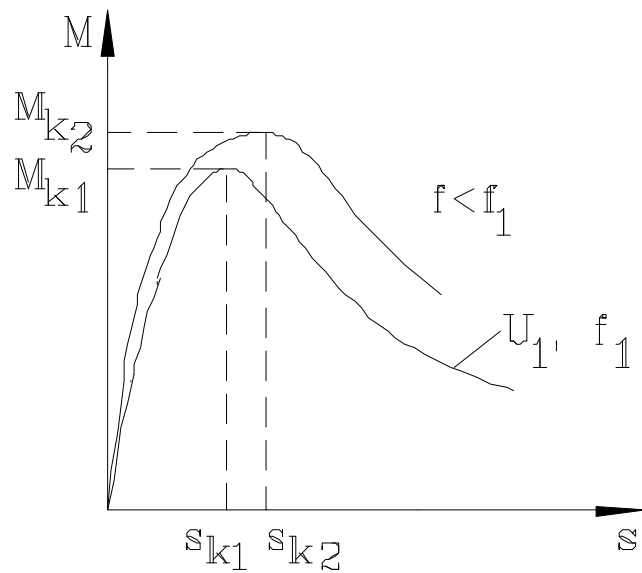
Modificarea
rezistenței intercalate
în circuitul rotoric



$$M_k = \frac{m_1 \cdot U_1^2}{2C \cdot \Omega_0} \cdot \frac{1}{R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + (X_1 + C_1 \cdot X_2')^2}}$$

semnul (+) este utilizat pentru regimul de motor și semnul (-) pentru regimul de generator

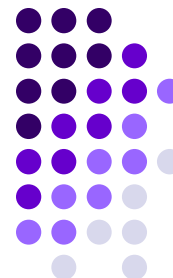
$$\rightarrow \frac{M_{k1}}{M_{k2}} = \left(\frac{U_1}{U_1'} \right)^2$$



$$M_k \sim \frac{U_1^2}{f_1^2}$$

Se poate menționa astfel că pentru a menține un cuplu critic constant se impune să existe relația:

$$\frac{U_1}{f_1} = \text{const.}$$

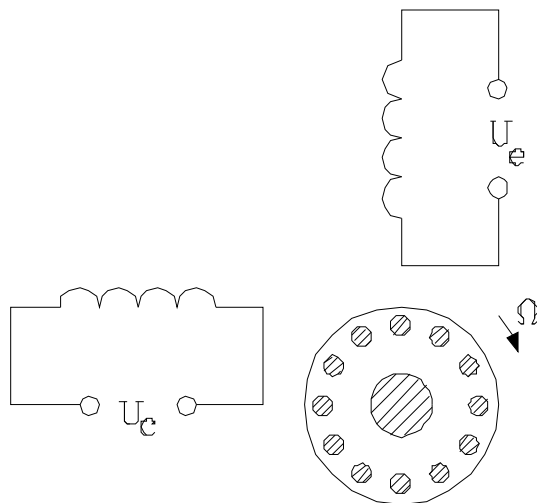


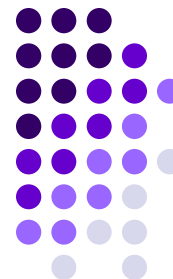
❖ Schema principală a unui servomotor asincron bifazat;

❖ Una din înfășurări este permanent alimentată la tensiunea U_e și se numește *înfășurare de excitație*;

❖ A doua înfășurare este decalată la 90^0 și este alimentată intermitent la tensiunea U_c și se numește *înfășurare de comandă*.

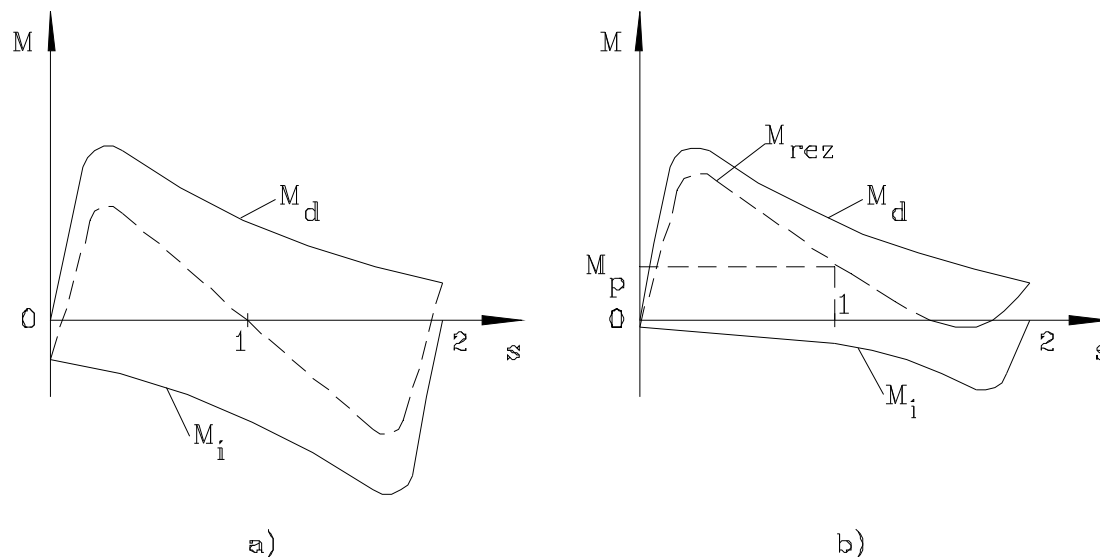
❖ Servomotoarele asincrone bifazate prezintă o rezistență rotorică echivalentă ridicată care asigură autofrânarea la dispariția semnalului de comandă.



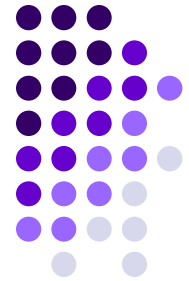


❖ Motorul asincron monofazat în construcție clasică are un cuplu de pornire nul (asupra rotorului acționează două cupluri electromagnetice M_d și M_i de sensuri contrare).

❖ În vederea obținerii unui cuplu defazat de zero, se utilizează o înfășurare suplimentară în cuadratură magnetică cu înfășurarea principală. Se obține astfel un câmp magnetic eliptic care permite existența unui cuplu de pornire



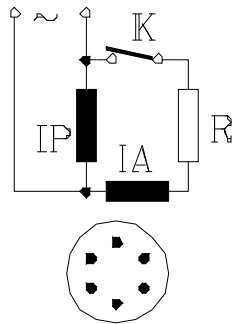
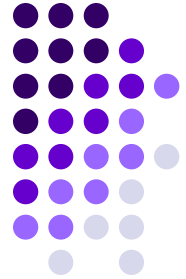
Pornirea motorului asincron



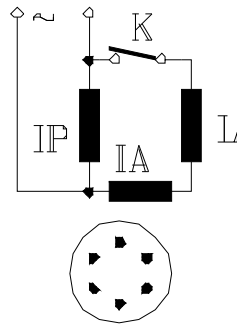
- ❖ La alegerea metodei de pornire trebuie avute în vedere:
 - puterea instalată a rețelei de alimentare;
 - restricțiile impuse de buna funcționare a altor consumatori cuplați la aceeași rețea de alimentare (tensiunea în rețea să nu scadă sub $0,9U_{1N}$);
 - frecvența pornirilor;
 - restricțiile privind șocul de pornire;
 - tipul caracteristicii statice a mașinii de lucru;
 - pierderile în timpul pornirii;
 - costul echipamentului utilizat pentru pornirea acționării.

- ❖ Determinarea parametrilor pentru pornire urmărește:
 - determinarea cuplului de pornire dezvoltat de motor;
 - calculul valorilor parametrilor care se modifică în timpul pornirii: tensiune, rezistență, tensiune și frecvență;
 - timpul de pornire.

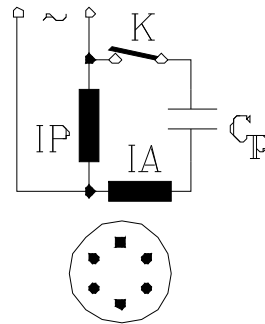
Pornirea motoarelor asincrone monofazate



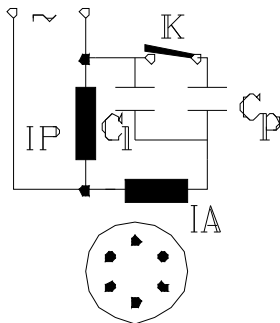
a)



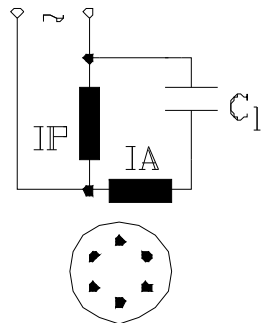
b)



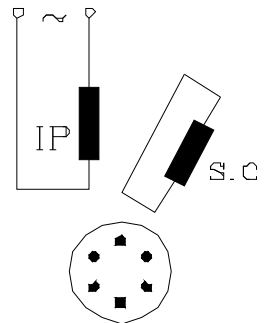
c)



d)



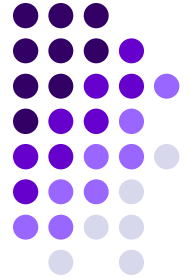
e)



f)

❖ Cinci scheme de conectare ale celor două înfășurări;

- IP-înfășurarea principală de lucru;
- IA-înfășurarea auxiliară;
- R-rezistență de pornire;
- L- inductivitate de pornire;
- C_p – condensator de pornire;
- C_1 – condensator de lucru;
- S.C.- spiră în scurtcircuit;
- K - contactor.

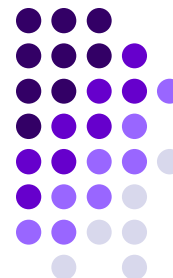


Din analiza caracteristicilor mecanice disponibile pentru acestea, rezultă că mașinile asincrone monofazate se pot împărți în trei clase:

- motoare cu cuplu mărit, pentru care $M_p / M_n = 1.5 \dots 3$ (fig.:a, b, c)
- motoare cu cuplu nominal, pentru care $M_p = M_n$ (fig.:d);
- motoare cu pornire în gol pentru care $M_p / M_n = 0.2 \dots 0.4$ (fig.: e, f)

Deconectarea înfășurării auxiliare (IA) sau a condensatorului de pornire se realizează la 75 % - 80 % din turația de sincronism.

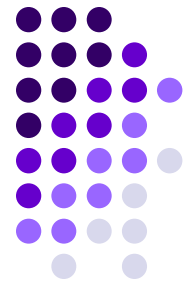
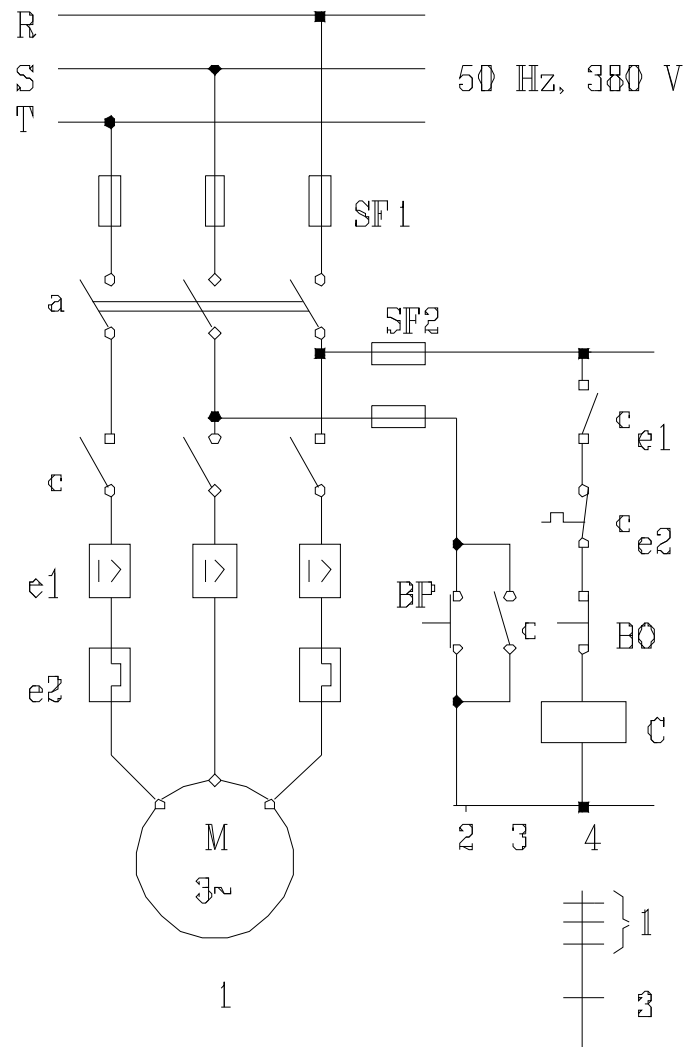
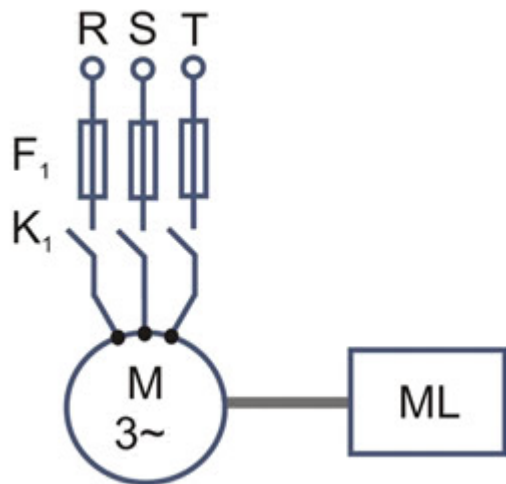
Pornirea motorului asincron trifazat prin cuplare directa



Pornirea prin cuplare directă este cea mai simplă metodă și se întâlnește pentru acționarea unor mașini unelte simple, transportoare, ventilatoare, polizoare etc. Schemele de pornire sunt simple și sigure în funcționare. Prin această metodă, motorul este conectat la rețea printr-un aparat de conectare sub sarcină: întrerupător manual sau automat, contactor simplu sau cu rele de protecție.

Curentul de pornire I_p este relativ ridicat, $(5 \dots 8)I_n$, motiv pentru care procedeul de pornire se aplică cu unele restricții funcție de puterea motorului. Astfel:

- dacă rețeaua consumatorului este racordată direct la rețeaua de joasă tensiune a furnizorului, puterea maximă a motoarelor asincrone care pot porni prin conectare directă este de 4 kW pentru tensiunea de 220 V și 5,5 kW pentru tensiunea de 380 V;
- dacă rețeaua consumatorului este racordată la rețeaua furnizorului prin transformatoare proprii, puterea maximă a motoarelor asincrone care se pot porni prin conectare directă este de 20 % din puterea nominală a transformatorului;
- se recomandă ca pornirea să se realizeze în mod eșalonat în timp.



$$M_P = \frac{2M_K s_K}{1 + s_K^2}$$

$$\tau_m = \frac{J\Omega_0}{M_K}$$

-J = momentul de inerție redus la rotorul motorului;

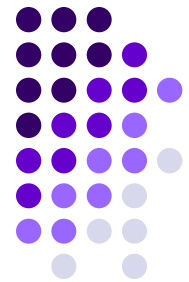
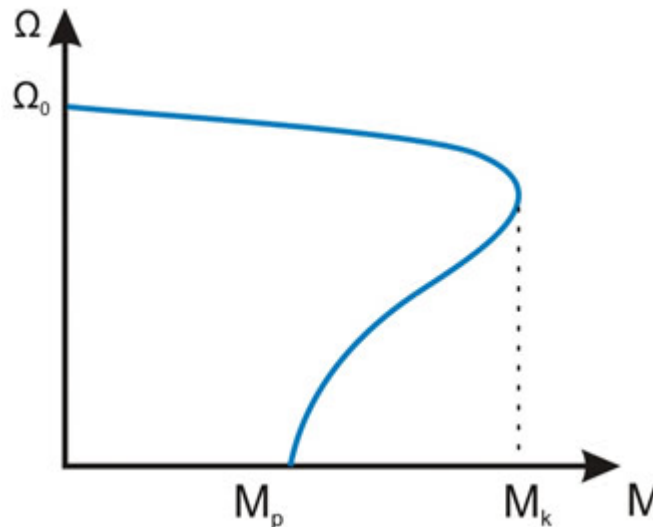
$-\Omega_0$ – viteza de sincronism

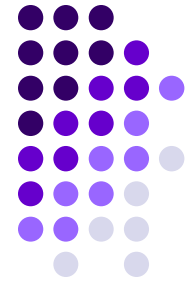
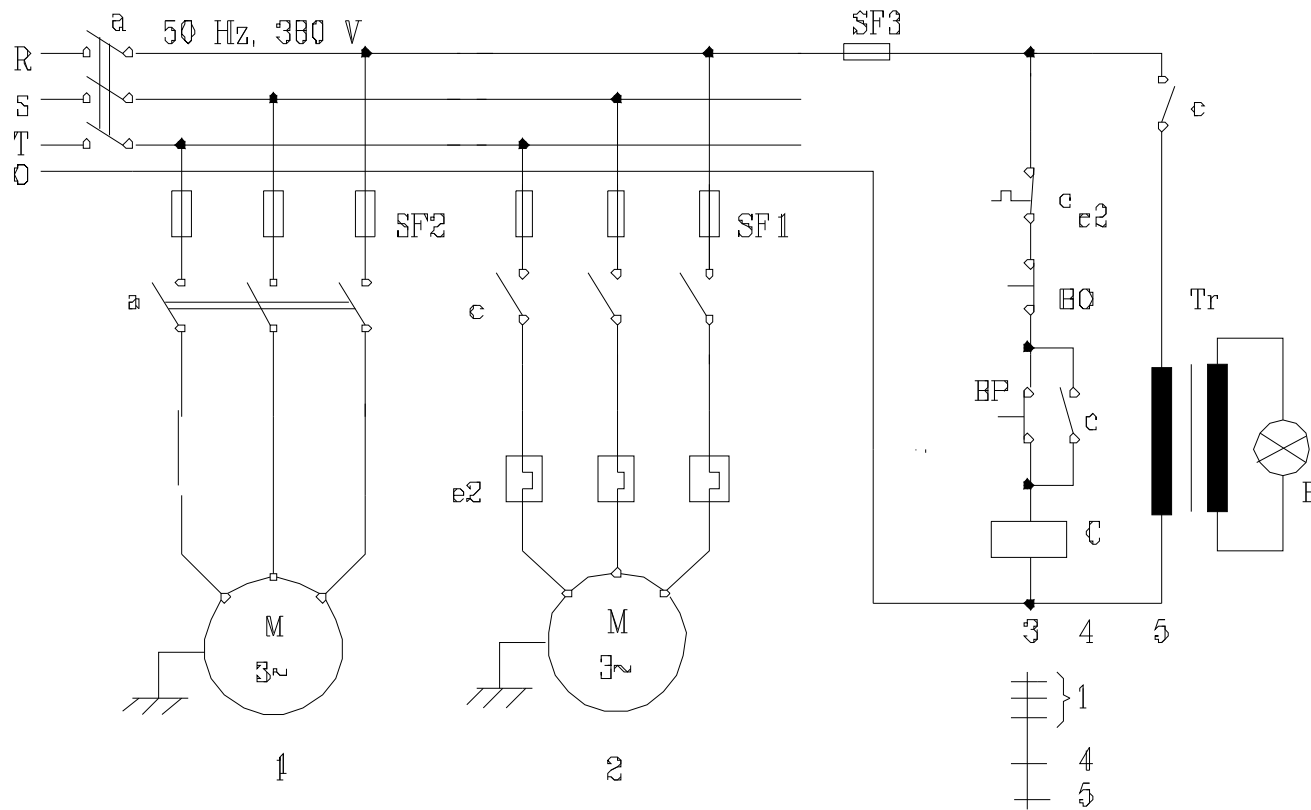
Durata de pornire:

- Neglijând fenomenele tranzitorii electromagnetice

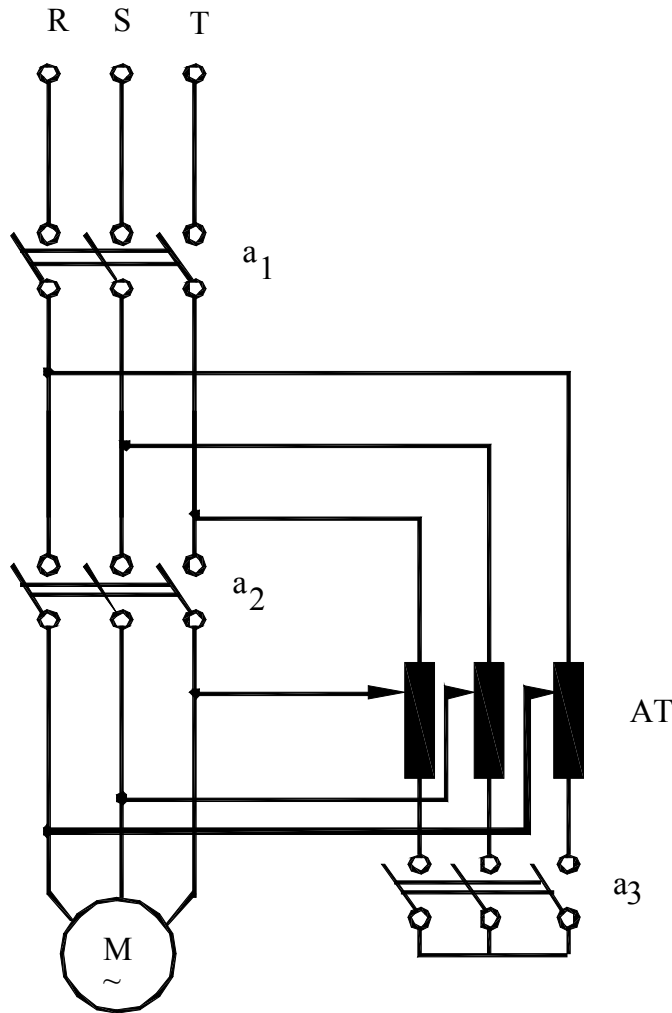
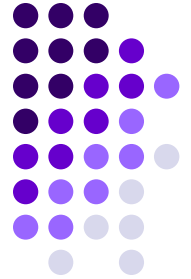
$$t_p \approx (3...4)\tau_m$$

- Neglijând fenomenele tranzitorii electromagnetice și admitând respectarea caracteristicii statice, prin integrarea ec. de mișcare

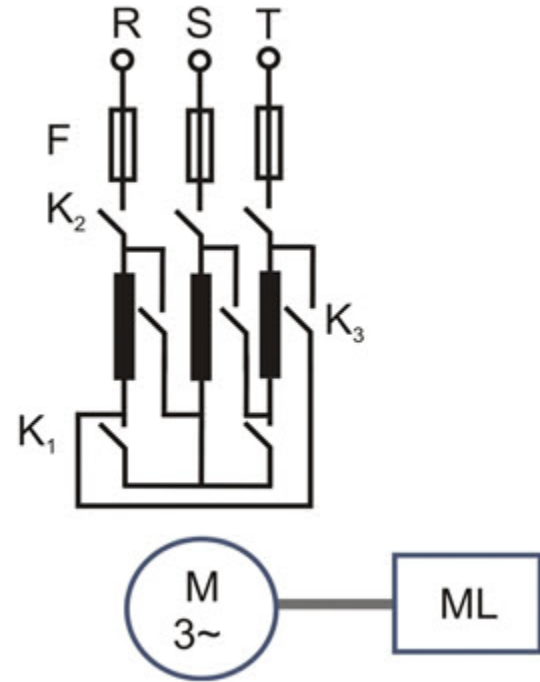




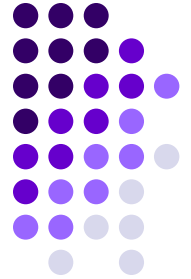
Pornirea prin caracteristici de tensiune



Pornirea prin autotransformator



Pornirea stea - triunghi



Pornirea stea-triunghi:

- pentru motoarele de joasa tensiune care functioneaza cu infasurarile satorice conectate in triunghi;
- pentru motoare care pornesc in gol sau antreneaza masini de lucru care dezvoltă cuplu static proportional cu viteza (generatoare de sudura) sau proportionale cu patratul vitezei (ventilatoare centrifugale, pompe centrifugale)
- pentru schimbarea conexiuni stea – triunghi se utilizeaza comutatoare manuale sau scheme automate