

CAPITOLUL 2. MAȘINI ELECTRICE

2.1 TRANSFORMATOARE ELECTRICE.

Transformatorul electric – este un aparat electromagnetice static, cu două sau mai multe înfășurări cuplate magnetic, care modifică curentul sau tensiunea dintr-un circuit electric de curent alternativ fără a modifica frecvența.

CRITERII DE CLASIFICARE.

- **După destinație:**
 - Transformatoare de mică putere;
 - Transformatoare de mare putere;
 - Autotransformatoare;
 - Transformatoare de măsură;
 - Transformatoare cu destinație specială (de sudură, pentru cuptoare electrice, etc.);
- **După numărul de faze:**
 - Transformatoare monofazate;
 - Transformatoare trifazate;
- **După sensul transformării:**
 - Transformatoare ridicătoare de tensiune;
 - Transformatoare coborâtore de tensiune;
- **După felul mărimii transformate:**
 - Transformatoare de tensiune;
 - Transformatoare de curent.



Transformator monofazat de mică putere Transformator trifazat de mică putere Transformator de curent



Transformatoare trifazate de mare putere

Figura 2.1 Transformatoare electrice

ELEMENTE CONSTRUCTIVE – transformatoare de mică putere.

- **Înfășurările transformatorului** – se realizează din materiale conductoare din cupru sau aluminiu izolate cu PVC sau un strat de email. Fiecare înfășurare este formată din mai multe spire bobinate pe o carcasă și formează **circuital electric al transformatorului**. Înfășurarea conectată la sursa de alimentare se numește **înfășurare primară** iar înfășurarea conectată la consumator se numește **înfășurare secundară**.
- **Miezul magnetic** – se realizează din tole (tablă subțire) din oțel electrotehnic (cu un conținut ridicat de siliciu) în formă de I, U, E care formează **circuital magnetic al transformatorului** prin care se închide câmpul magnetic produs de curenții electrici din înfășurări. Miezul magnetic poate fi cu **coloane** (format din tole în formă de E și I) sau în **manta** (format din tole în formă de U și I).

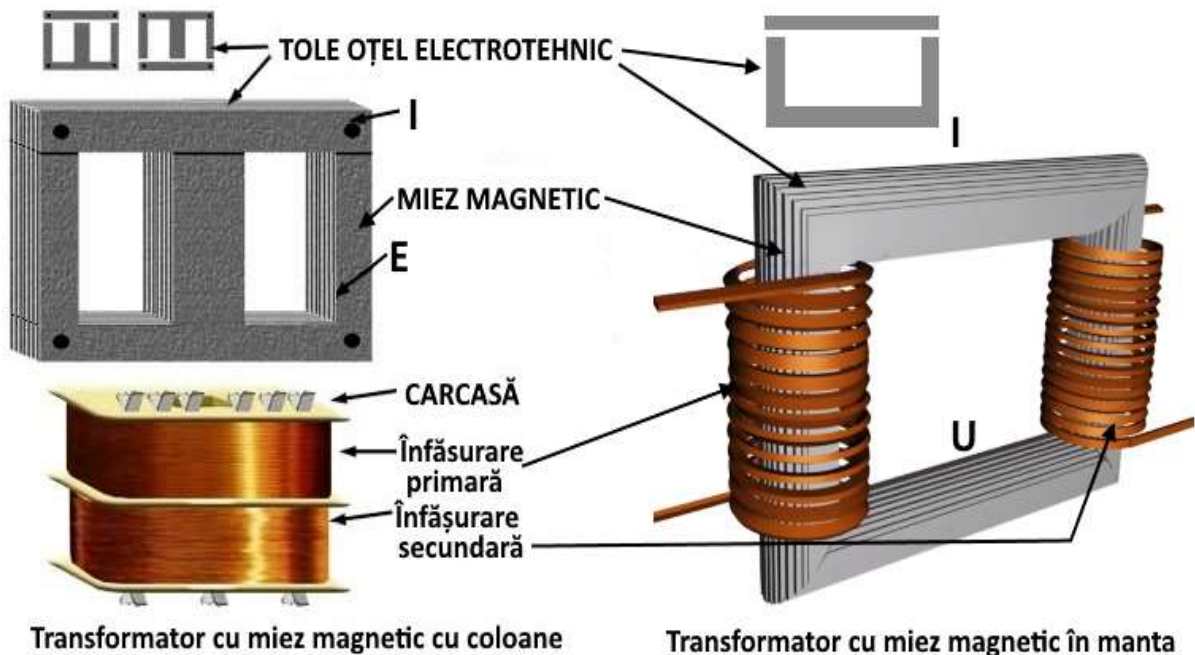


Figura 2.2 Construcție transformator electric de mică putere

FUNȚIONARE – transformator electric de mică putere

Transformatorul electric funcționează în baza **principiului inducției electromagnetice** (figura 2.3). Fenomenul de inducție electromagnetică constă în generarea unei tensiuni într-un circuit străbătut de un flux magnetic variabil în timp.

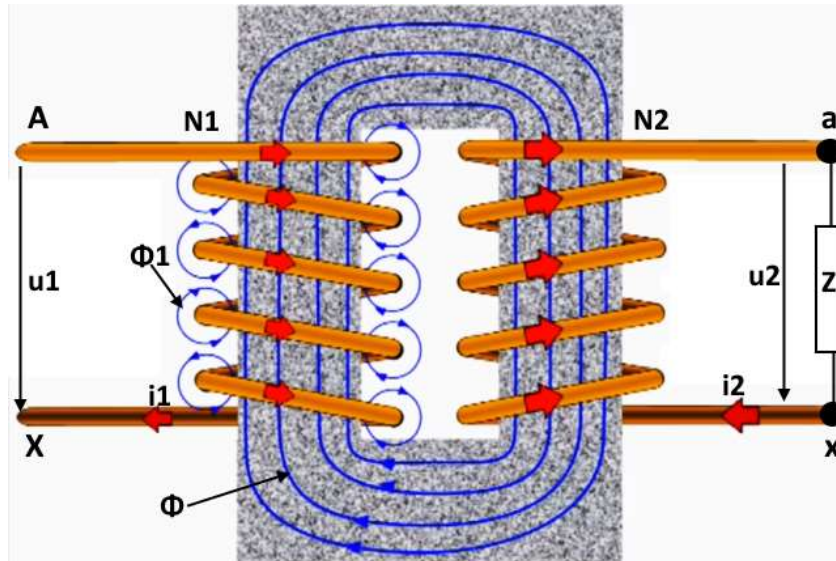


Figura 2.3 Funcționarea transformatorului electric de mică putere

La alimentarea cu tensiunea u_1 a înfășurării primare notate cu A și X prin aceasta circulă un curent i_1 .

Curentul i_1 care străbate spirele înfășurării primare creează în jurul acestei înfășurări un **câmp magnetic variabil în timp** care produce un **flux magnetic util** (Φ).

Fluxul magnetic variabil în timp, străbate miezul magnetic al transformatorului și induce în cele două înfășurări **tensiuni electromotoare** e_1 și e_2 care sunt proporționale cu numărul de spire N_1 și N_2 din cele două înfășurări.

Dacă la înfășurare secundară este conectat un consumator, înfășurarea va fi parcursă de curentul i_2 iar la bornele ei apare tensiunea u_2 produsă de tensiunea electromotoare e_2 .

Tensiunile electromotoare induse în cele două înfășurări sunt egale și de semn opus cu tensiunile de la bornele înfășurărilor ($e_1 = -u_1$; $e_2 = -u_2$).

Transformatorul absoarbe de la rețea prin înfășurarea primară o putere $p_1 = u_1 \cdot i_1$ și debitează receptorului o putere $p_2 = u_2 \cdot i_2$. Dacă se neglijează pierderile din transformator cele două puteri electrice sunt aproximativ egale $u_1 \cdot i_1 \approx u_2 \cdot i_2$.

Raportul dintre t.e.m. induse în cele două înfășurări se numește **raport de transformare**:

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{u_1}{u_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

2.2 MAȘINA ELECTRICĂ DE CURENT CONTINUU.



Mașina de curent continuu – este o mașină electrică rotativă și reversibilă, care poate funcționa în regim de: **generator electric, motor electric, convertizor electric, frână.**

Generatorul electric – este o mașină electrică care transformă energia mecanică primită pe la ax (de la un motor cu ardere internă sau o turbină) în energie electrică care o cedează unui consumator.

Motorul electric – este o mașină electrică care transformă energia electrică primită de la o sursă de tensiune în energie mecanică la ax, pe care o cedează unei mașini de lucru.

Convertizorul electric rotativ – este o mașină electrică care transformă energia electrică primită tot în energie electrică dar cu alți parametrii electrici.

Frână – transformă atât energia electrică primită cât și energia mecanică în căldură.

Mașinile electrice pot fi **liniare** sau **rotative**.

CLASIFICAREA MAȘINILOR ELECTRICE ROTATIVE:

- **Mașini electrice de curent continuu:**
 - Generatoare de curent continuu;
 - Motoare de curent continuu cu perii:
 - Cu excitație separată;
 - Cu excitație serie;
 - Cu excitație derivație;
 - Cu excitație compound;
 - Cu excitație mixtă;
 - Motoare de curent continuu fără perii;
- **Mașini electrice de curent alternativ:**
 - Generatoare de curent alternativ:
 - Monofazate;
 - Trifazate;
 - Mașini electrice asincrone trifazate:
 - Cu rotorul în scurtcircuit (colivie);
 - Cu rotorul bobinat;

CAPITOLUL 2. MAȘINI ELECTRICE

- Mașini electrice sincrone trifazate:
 - În construcție directă:
 - Cu poli aparenti;
 - Cu poli înecați;
 - În construcție inversă;
- Mașini electrice monofazate:
 - Cu condensator de pornire;
 - Cu fază auxiliară de pornire;
 - Cu pol magnetic divizat;
 - Cu colector și perii scurtcircuitate;
- **Mașini electrice universale** – funcționează atât în rețele de curent alternativ cât și în rețele de curent continuu. Aceste mașini sunt prevăzute cu colector și au în general puteri reduse.
- **Mașini electrice speciale** (tahogeneratoare, motoare pas cu pas, convertizoare de frecvență rotative, etc.).



Figura 2.4 MOTOARE ELECTRICE

ELEMENTELE CONSTRUCTIVE ALE MOTORULUI DE CURENT CONTINUU

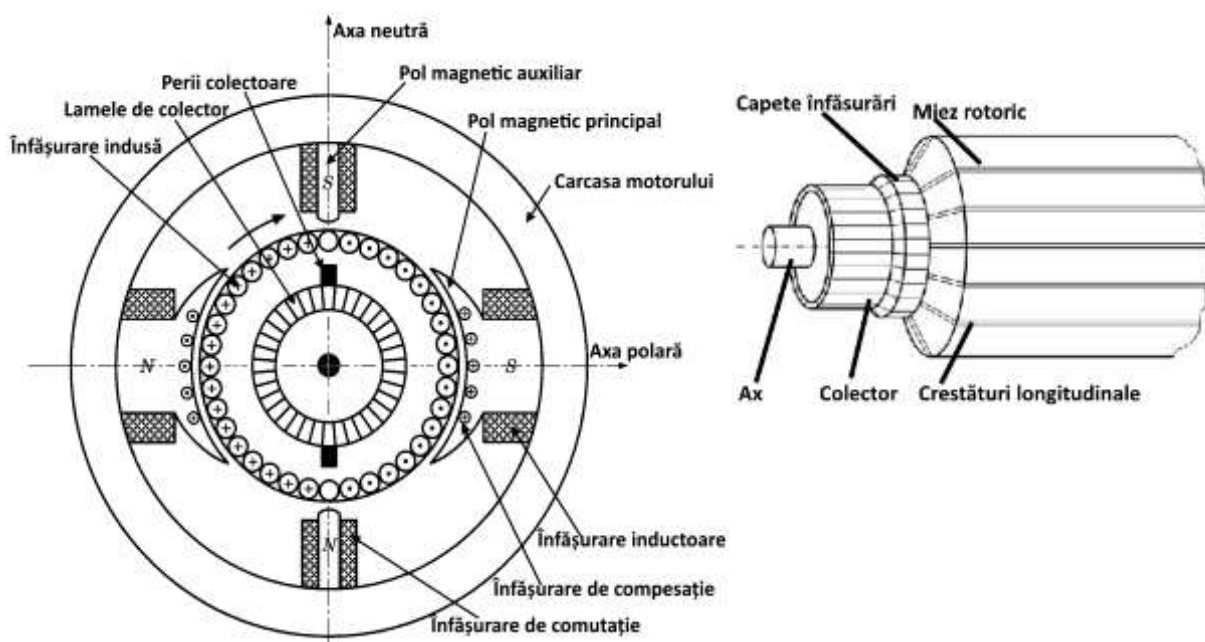


Figura 2.5 Construcția motorului de curent continuu

a. **STATORUL** sau **INDUCTORUL**- este partea fixă a motorului și are ca elemente constructive următoarele subansamble:

- **Carcasa sau jugul statoric** – este construită din lamele de oțel electrotehnic sau este turnată din fontă feromagnetică și are rolul de a susține celelalte elemente ale statorului;
- **Scuturile (capacele)** – sunt construite din oțel electrotehnic sau fontă feromagnetică și sunt prevăzute cu lagăre cu rulmenți. Scuturile au rolul de a închide lateral carcasa și de a susține rotorul motorului. Axul rotorului se plasează în interiorul rulmenților;
- **Cutia de borne** – este fixată la partea superioară a carcasei și are rolul de a asigura conexiunile dintre bobinele motorului și instalația electrică de alimentare;
- **Talpa de prindere** – este plasată la partea inferioară a carcasei și are rolul de a fixa statorul motorului pe dispozitivul de prindere;
- **Dispozitivul port-perii** – este fixat în interiorul carcasei și are rolul de a susține perii colectoare;

CAPITOLUL 2. MAȘINI ELECTRICE

- **Periile colectoare** – sunt construite din cărbune, cupru, bronz grafitat, sau alte aliaje speciale care conțin cupru sau cărbune. Periile presează pe lamelele colectorului și au rolul de a asigura legătura electrică dintre bobinele rotorului și cutia de borne. Periile se plasează pe direcția axei neutre. Periile se conectează între ele astfel: periile cu număr impar se conectează la borna (+) a indusului (rotorului) iar cele cu număr par la borna (–) a indusului. Numărul de perii este egal cu numărul de poli principali (**2p**).
- **Polii magnetici ale motorului** fac parte din circuitul magnetic și pot fi:
 - **Poli principali sau inductori** (care sunt în număr de **2p**, unde **p** reprezintă numărul de perechi de poli) sunt construiți din tole de oțel electrotehnic cu grosimea (0,5mm–1mm) și sunt plasați pe axa polară. La unele mașini de puteri mici polii inductori sunt realizați cu magneți permanenți și nu mai au bobine în jurul lor.
 - **Polii auxiliari sau de comutație** (care sunt în număr de **2p**) se găsesc doar la motoarele de putere medie și mare, se construiesc dintr-un miez magnetic și se plasează în axa neutră;
- **Circuitul electric al statorului** este format din bobinele plasate pe stator:
 - **Bobinele inductoare sau de excitație** – sunt formate din mai multe spire din conductor de cupru și sunt plasate în jurul polilor principali. Bobinele de excitație au rolul de a crea în întrefierul mașinii câmpul magnetic inductor. Aceste bobine se conectează cu bobinele statorului astfel:
 - **În serie** caz în care se notează cu **C1 – C2**;
 - **În paralel** caz în care se notează cu **E1 – E2**;
 - **Separat** caz în care se notează cu **F1 – F2**;
 - **Bobinele de comutație** – se plasează în jurul polilor auxiliari și au rolul de a îmbunătăți comutația (reduce gradul de scânteiere la colector). Aceste bobine se notează cu **B1 – B2**;
 - **Bobinele de compensare** – se plasează în canalele din talpa polilor principali și au rolul de a compensa câmpul magnetic de reacție produs de înfășurarea rotorului care apare la motoarele cu regim greu de lucru. Aceste bobine se notează cu **D1 – D2**.

BOBINELE DE COMUTAȚIE ȘI DE COMPENSARE SE CONECTEAZĂ ÎNTOTDEAUNA ÎN SERIE CU BOBINELE ROTORULUI.

b. ROTORUL sau INDUSUL- este partea mobilă a motorului și are ca elemente constructive următoarele:

- **Axul sau arborele motorului** – este construit din oțel, are rolul de a susține rotorul și este prevăzut la unul din capete cu un ventilator care asigură răcirea motorului în timpul funcționării;
- **Miezul magnetic rotoric** – este construit din tole de oțel electrotehnic de formă circulară cu creștături izolate între ele. Miezul are formă cilindrică, este solidar cu axul și este prevăzut cu creștături (canale) longitudinale în care sunt plasate bobinele rotorului;
- **Colectorul** – este construit din lamele din cupru de formă trapezoidală, izolate între ele și de suportul lor printr-un strat de mică. Lamelele colectorului sunt plasate pe un butuc cilindric construit din material izolator care este solidar cu axul motorului. La lamelele colectorului sunt conectate bobinele rotorului;
- **Circuitul electric al rotorului** este format din bobinele rotorului. Fiecare bobină (care este construită din mai multe spire din cupru) este conectată la două lamele ale colectorului. Aceste bobine se notează cu **A1 – A2**.

c. ÎNTREFIERUL – este spațiul de aer dintre stator și rotor care permite mișcarea rotorului față de stator, unde au loc toate fenomenele electromagnetice care contribuie la funcționarea motorului electric.

FUNȚIONAREA MOTORULUI DE CURENT CONTINUU.

Polii magnetici principali (realizați din tole de oțel electrotehnic cu bobine de excitație în jurul lor, sau realizați din magneți permanenți) produc un câmp magnetic inductor de inducție \mathbf{B} . Când bobinele rotorului sunt alimentate cu tensiune, acestea sunt parcurse de un curent \mathbf{I} . Între curentul \mathbf{I} care parcurge bobinele rotorului și câmpul magnetic inductor (\mathbf{B}) apar forțe electromagnetice (forța lui Laplace) pe fiecare latură a bobinelor, forțe care produc un cuplu motor care rotește rotorul motorului (fig. 2.6).

Forța electromagnetă $F = B \cdot I \cdot L$ unde L = lungimea laturii bobinei

Cuplul motor $M = F \cdot \cos\alpha = B \cdot I \cdot L \cdot \cos\alpha$ unde α = unghiul dintre planul bobinei și planul liniilor de câmp magnetic inductor.

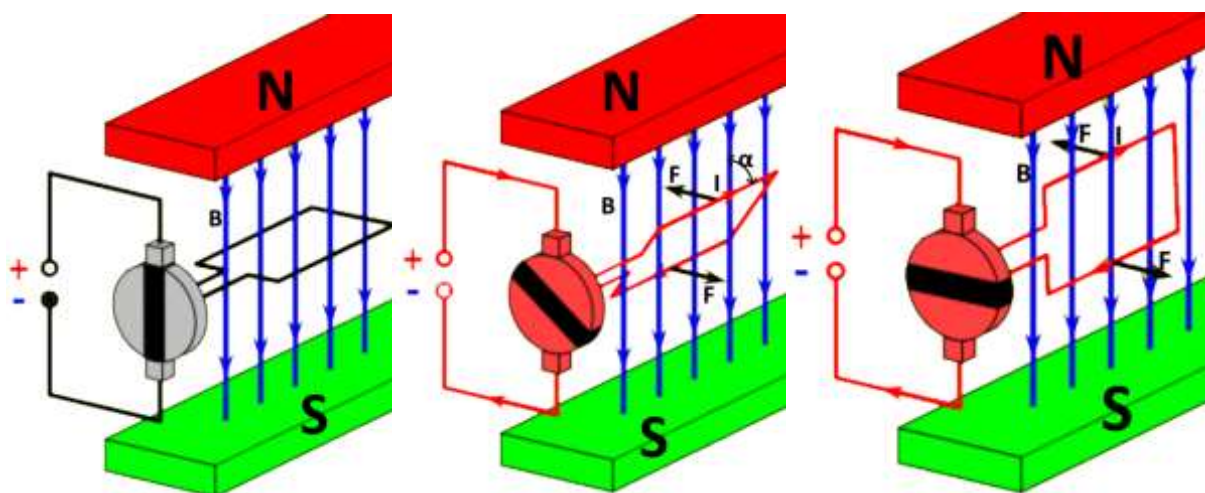


Figura 2.6 Funcționarea motorului de curent continuu

Pentru determinarea sensului forței electromagnetice care acționează asupra unei bobine plasate într-un câmp magnetic și parcurse de curent se utilizează **regula mâinii drepte** (fig. 2.7).

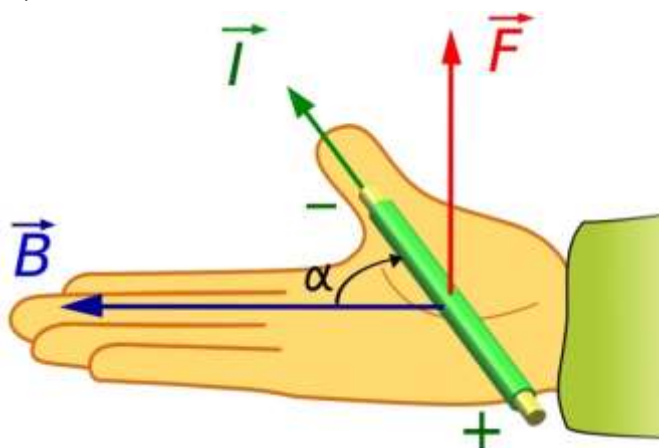


Figura 2.7 Regula mâinii drepte

CONEXIUNILE MOTORULUI DE CURENT CONTINUU

1. Motorul de curent continuu cu excitație serie.

La aceste motoare înfășurarea indusă (bobina rotorului) este **conectată în serie cu înfășurarea de excitație** (fig. 2.8). Aceste motoare sunt utilizate în tracțiune electrică (locomotive, tramvaie, troleibuze, demarare motoare autovehicule) deoarece au cuplul mecanic mare la pornire iar viteza scade mult la creșterea cuplului de sarcină.

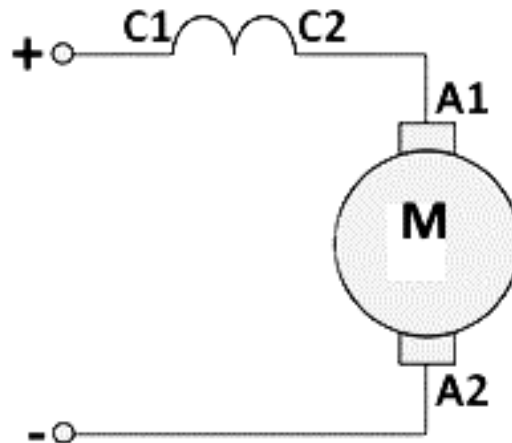


Figura 2.8 Motor de curent continuu cu excitație serie

2. Motorul de curent continuu cu excitație separată.

La aceste motoare înfășurarea indusă (bobina rotorului) este conectată la o sursă de tensiune separată față de înfășurarea de excitație (fig. 2.9). Aceste motoare sunt utilizate la acționarea mașinilor unelte grele (strunguri carusel, freze și raboteze mari, etc.) deoarece permit reglarea vitezei în limite foarte largi iar regimurile tranzitorii (pornire, frânare, oprire) sunt foarte scurte.

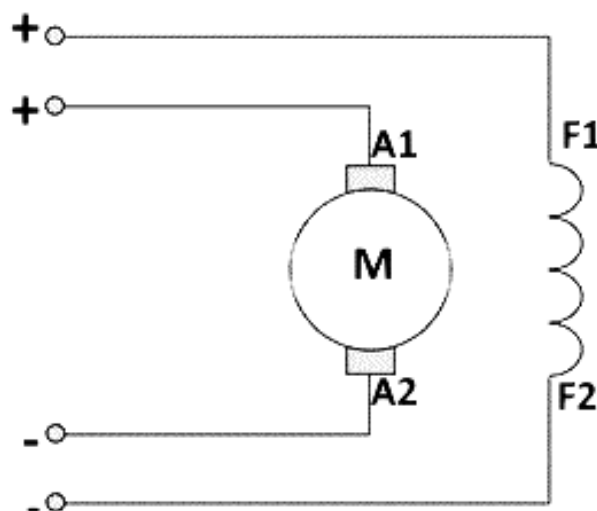


Figura 2.9 Motor de curent continuu cu excitație separată

3. Motorul de curent continuu cu excitație derivație.

La aceste motoare înfășurarea indusă (bobina rotorului) este conectată în paralel cu înfășurarea de excitație (**fig. 2.10**). Aceste motoare sunt utilizate în instalațiile care presupun o viteză de rotație constantă la modificări ale cuplului mecanic.

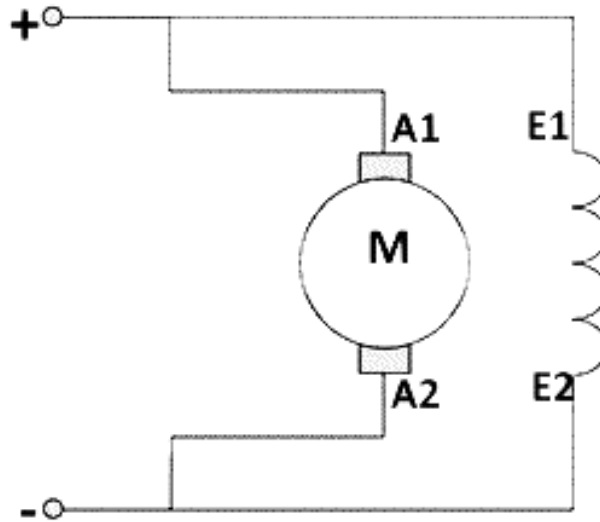


Figura 2.10 Motor de curent continuu cu excitație derivație

4. Motorul de curent continuu cu excitație mixtă.

Acest motor este prevăzut două înfășurări de excitație. O înfășurare este conectată în serie cu indusul iar cealaltă este conectată în paralel cu indusul (**fig. 2.11 a**).

5. Motorul de curent continuu cu excitație compusă.

Acest motor este prevăzut două înfășurări de excitație. O înfășurare este conectată în serie cu indusul iar cealaltă este conectată separat față de indus (**fig. 2.1 b**).

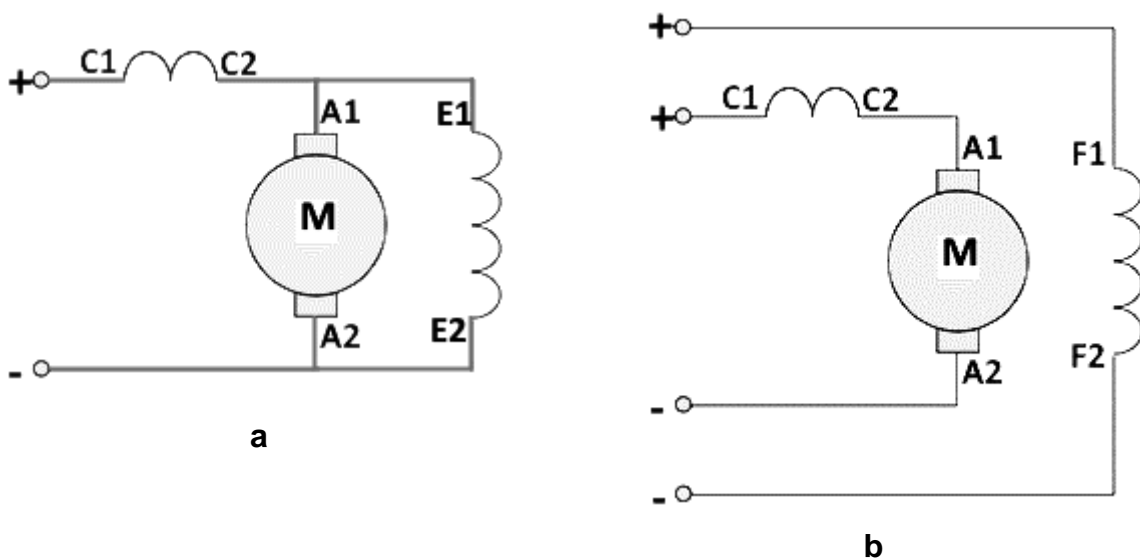


Figura 2.11 Motor de curent continuu cu: a) excitație mixtă b) excitație compusă

2.3 MAȘINA ELECTRICĂ ASINCRONĂ TRIFAZATĂ.



Mașina electrică asincronă este cea mai răspândită mașină electrică și se întâlnește pe scară largă aproape în toate sectoarele de activitate.

Mașinile electrice asincrone se utilizează în special ca motoare pentru o gamă foarte largă de puteri (de la ordinul unităților de W până la ordinul zecilor de MW) și pentru o gamă largă de tensiuni (de la ordinul zecilor de V până la ordinul zecilor de kV).

AVANTAJE:

- Preț redus;
- Simplitate constructivă;
- Alimentare direct de la rețea;
- Siguranță în exploatare;
- Stabilitate în funcționare;
- Performanțe tehnice ridicate;
- Întreținere simplă.

DEZAVANTAJE:

- Absoarbe curent mare la pornire;
- Consum mare de putere reactivă (este necesară compensarea factorului de putere).

Există două variante constructive de bază ale motoarelor asincrone:

- **Motoare asincrone cu rotorul în scurtcircuit sau colivie (fig.2.12 a);**
- **Motoare asincrone cu rotorul bobinat și cu inele colectoare (fig. 2.12 b).**

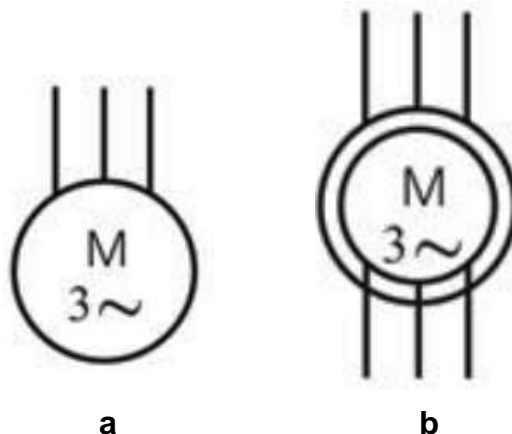


Figura 2.12 Simboluri motoare asincrone trifazate

ELEMENTELE CONSTRUCTIVE ALE MOTORULUI ASINCRON TRIFAZAT

Subansamblele motorului asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit sunt prezentate în figura 2.13.

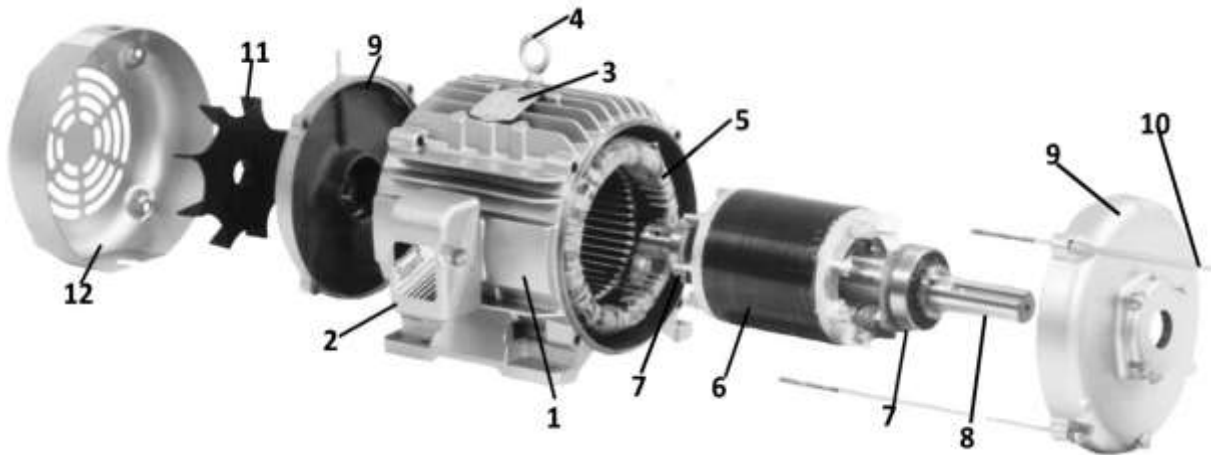


Figura 2.13 Subansamble motor asincron trifazat cu rotorul în scurtcircuit

1. Carcasa motorului;
2. Cutia de borne;
3. Plăcuța de identificare;
4. Inel de prindere (pentru manevrarea motorului);
5. Înfășurarea statorică;
6. Rotorul motorului;
7. Rulmenți;
8. Axul motorului;
9. Capace laterale;
10. Prezoane de fixare a capacelor laterale;
11. Ventilator;
12. Capac ventilator.

a. **STATORUL** (fig. 2.14) - este partea fixă a motorului și are ca elemente constructive următoarele subansamble:

- **Carcasa motorului** – este executată prin turnare din aluminiu sau fontă feromagnetică și are rolul de a susține celelalte elemente ale statorului;
- **Talpă de prindere** – este plasată la partea inferioară a carcasei și are rolul de a fixa statorul motorului pe dispozitivul de prindere;
- **Capacele laterale (scuturile)** – sunt construite din aluminiu sau fontă feromagnetică și sunt prevăzute cu lagăre unde se plasează rulmenții axului motorului. Scuturile au rolul de a închide lateral carcasa și de a susține rotorul motorului. Axul rotorului se plasează în interiorul rulmenților;
- **Cutie de borne** – este fixată la partea superioară a carcasei și are rolul de a asigura conexiunile dintre bobinele motorului și instalația electrică de alimentare;
- **Miezul magnetic statoric** – este construit din tole de oțel electrotehnic de formă circulară cu creștături izolate între ele. Miezul are formă cilindrică, este fixat în interiorul carcasei motorului și este prevăzut cu creștături (canale) longitudinale în care sunt plasate bobinele statorului;
- **Înfășurarea statorică** – este formată din mai multe bobine realizate cu conductor din cupru izolat, plasate în canalele miezului magnetic.

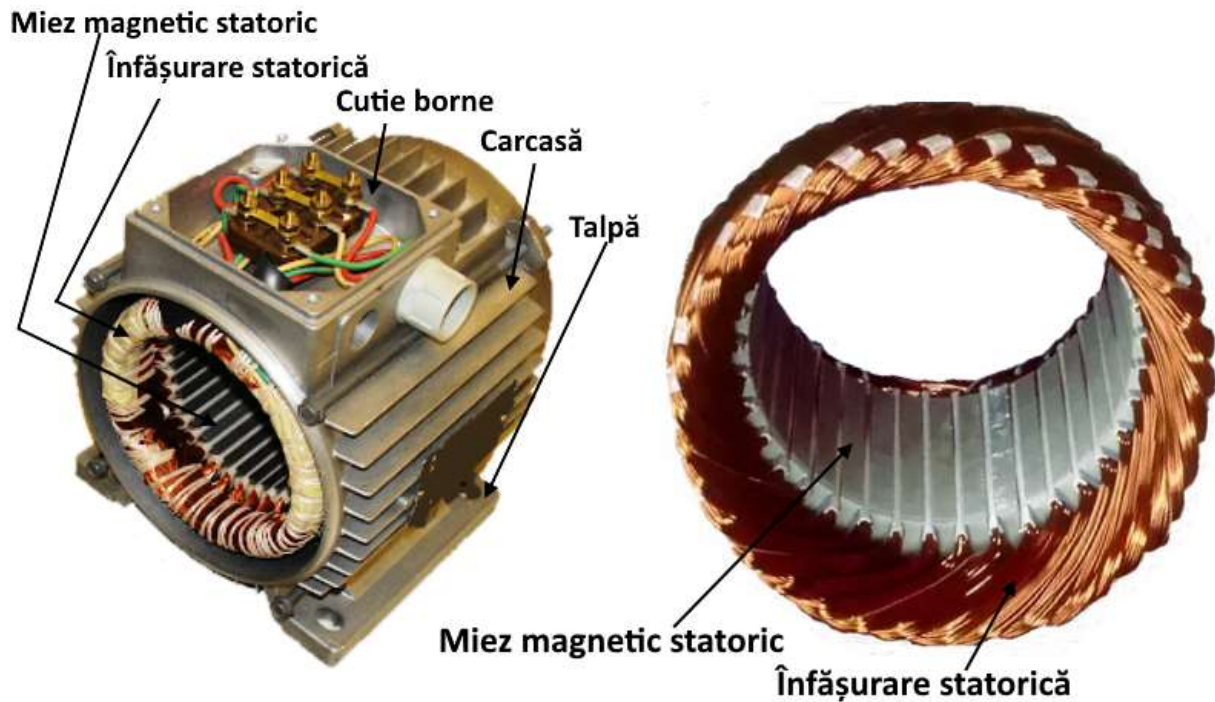


Figura 2.14 Statorul motorului asincron trifazat

b. ROTORUL - este partea mobilă a motorului și este fixat pe axul motorului care este prevăzut la capete cu rulmenți care permit fixarea și rotirea rotorului în interiorul statorului.

b1. Rotor în scurtcircuit (colivie) (fig. 2.15)

Miezul magnetic are forma unui cilindru plin și este construit dintr-un pachet de tole de oțel electrotehnic cu grosimea de 0,5 mm. Tolele sunt rotunde și sunt prevăzute la periferie cu creștături realizate prin ștanțare. Aceste creștături formează canalele longitudinale ale rotorului. În canalele rotorului este plasată o colivie formată din bare de aluminiu sau cupru scurtcircuitate la capete de două inele realizate din același material.

Miezul magnetic este fixat pe axul motorului construit din oțel.

Axul este prevăzut la capete cu doi rulmenți care se plasează în lagărele celor două capace laterale și au rolul de a fixa rotorul în interiorul statorului și de a permite rotirea acestuia

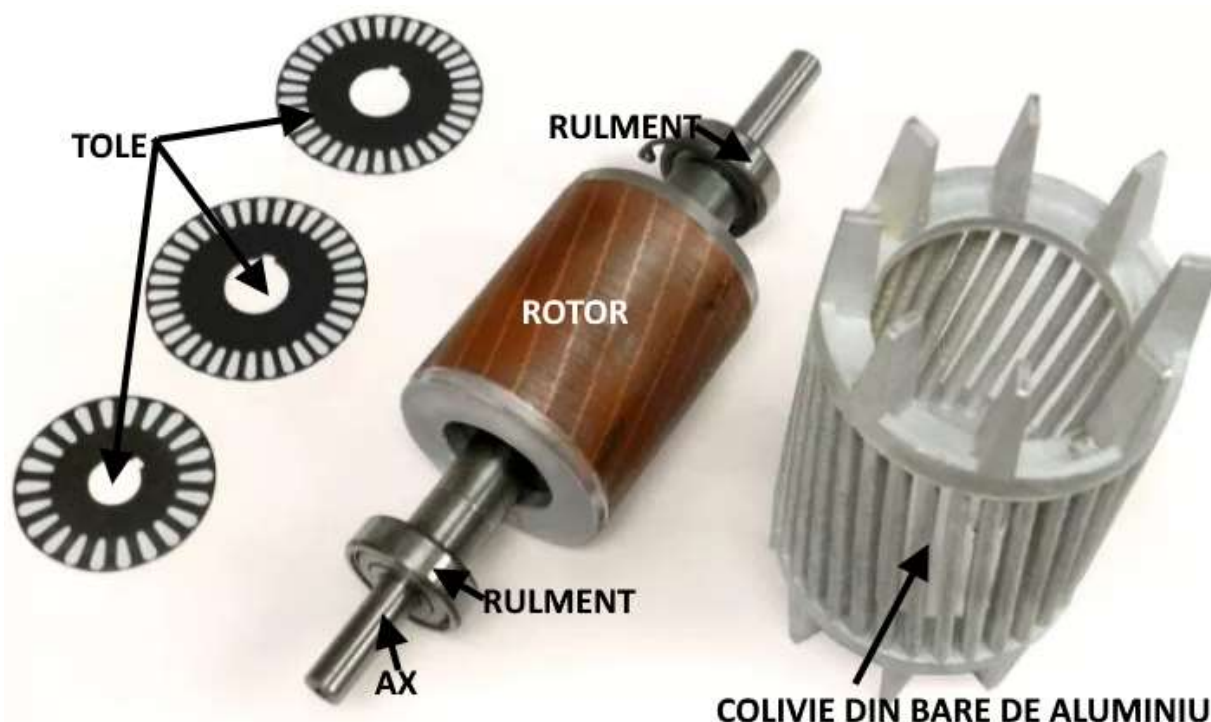


Figura 2.15 Rotorul motorului asincron trifazat în colivie

b2. Rotor bobinat cu inele colectoare (fig. 2.16)

În creștăturile miezului magnetic (construit la fel ca la motorul în colivie) în locul coliviei sunt plasate trei grupuri de bobine care formează înfășurarea rotorică. Bobinele au câte unul din capete conectate la trei inele colectoare fabricate din bronz care sunt fixate pe un suport izolator solidar cu axul. Pe inelele colectoare sunt fixate perii colectoare fabricate din bronz grafitat care asigură legătura electrică dintre bobinele rotorului și cutia de borne a motorului. Periile colectoare sunt fixate pe inele cu ajutorul unui dispozitiv portperii care este fixat pe unul din capacele laterale ale statorului.

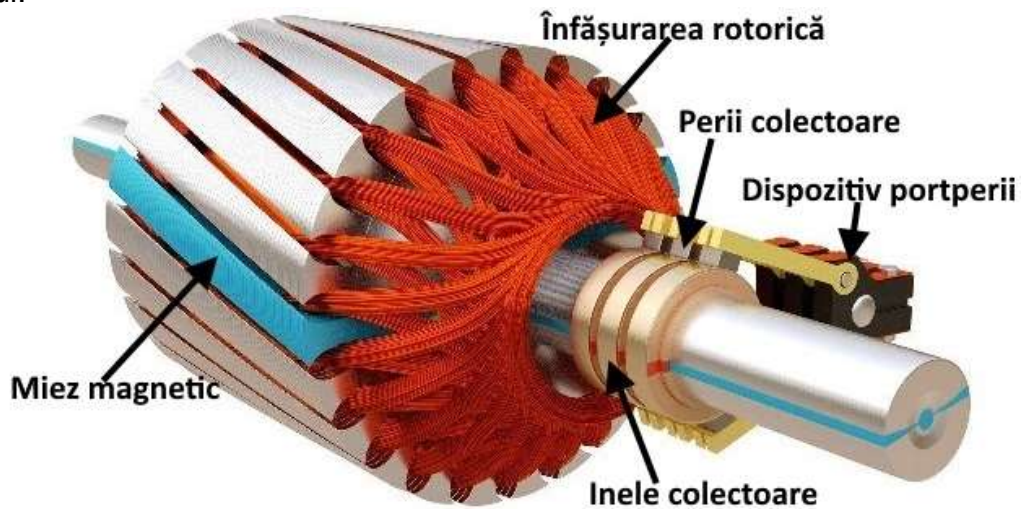


Figura 2.16 Rotorul motorului asincron trifazat cu inele colectoare

c. Circuitul de răcire (fig. 2.17) – asigură răcirea motorului în timpul funcționării și este format din:

- **Elice ventilator** – construită din plastic sau metal și este fixată la un capăt al axului motorului lângă unul din capacele laterale;
- **Capacul ventilatorului** - care protejează ventilatorul și este plasat peste acesta. Capacul ventilatorului este prins cu șuruburi de capacul lateral al motorului.



Figura 2.17 Sistem răcire motor asincron trifazat

FUNȚIONAREA MOTORULUI ASINCRON TRIFAZAT.

La baza funcționării motorului asincron trifazat stă **legea inducției electromagnetice**.

Când înfășurarea statorică este conectată la o rețea de tensiune trifazată, ea va fi parcursă de un sistem trifazat de curenți care vor produce în întrefier un câmp magnetic învârtitor.

Acest câmp magnetic intersectează conductoarele bobinelor rotorului și barele statorului și induce în aceste înfășurări tensiuni electromotoare.

Tensiunea electromotoare indusă în barele rotorului duce la apariția unui curent prin aceste bare deoarece acestea sunt scurtcircuitate la ambele capete (**fig. 2.18 a**).

Curentul din rotor interacționează cu câmpul magnetic din întrefier și creează un cuplu de forțe **F** care rotește rotorul în sensul câmpului magnetic învârtitor, cu o viteză mai mică decât acesta (**fig. 2.18 b**).

Viteza de rotație a câmpului magnetic învârtitor numită și viteză de sincronism este:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} \text{ unde: } f = \text{frecvența rețelei} = 50 \text{ Hz; } p = \text{numărul de perechi de poli.}$$

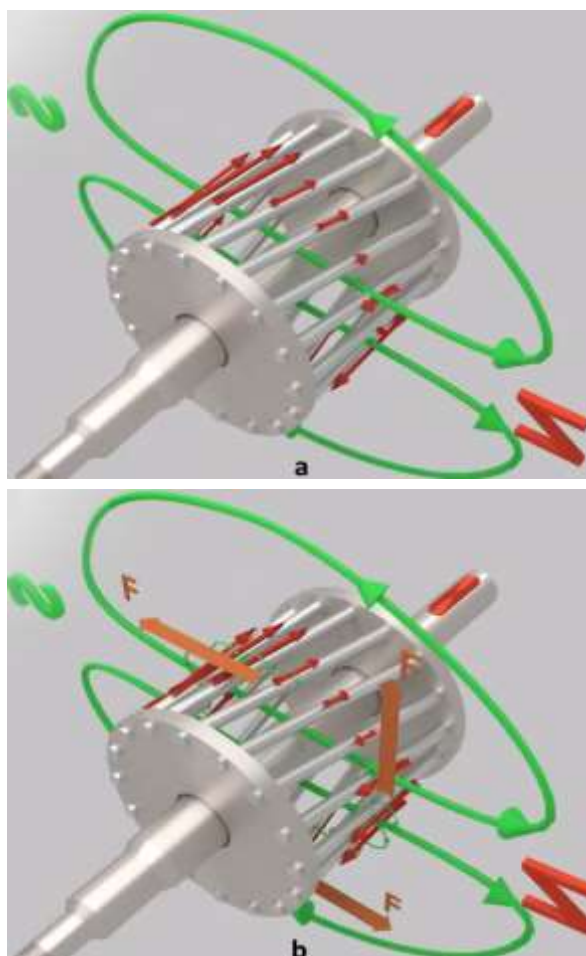


Figura 2.18 Principiul de funcționare al motorului asincron trifazat

2.4 MOTORUL ELECTRIC ASINCRON MONOFAZAT.

Din punct de vedere constructiv motorul asincron monofazat este asemănător cu motorul asincron trifazat. Deoarece acest tip de motor **are cuplul de pornire nul**, pentru a asigura pornirea la alimentarea cu tensiune, construcția statorului diferă față de cea a motorului asincron trifazat.

ROTORUL – construit sub formă de colivie. Miezul magnetic rotoric este format din tole de oțel electrotehnic prevăzute cu creștături la periferie în care se plasează bare de cupru sau aluminiu neizolate care sunt scurtcircuitate la capete cu două inele.

STATORUL – se realizează în două variante:

- Cu înfășurare auxiliară;
- Cu spiră în scurtcircuit.

a. Motor monofazat cu înfășurare auxiliară (fig.2.19)

La acest tip de motor pe stator se află două înfășurări conectate în paralel:

- Înfășurarea principală care ocupă două treimi din creștăturile statorului;
- Înfășurarea auxiliară care ocupă o treime din creștăturile statorului care de regulă se conectează în serie cu un condensator.

La unele tipuri de motoare, la pornire prin intermediul unui întrerupător se mai conectează un condensator de valoare mare în paralel cu condensatorul care este în serie cu înfășurarea auxiliară, condensator care după pornire se scoate din circuit.

Înfășurarea auxiliară după pornire poate fi scoasă din circuit.

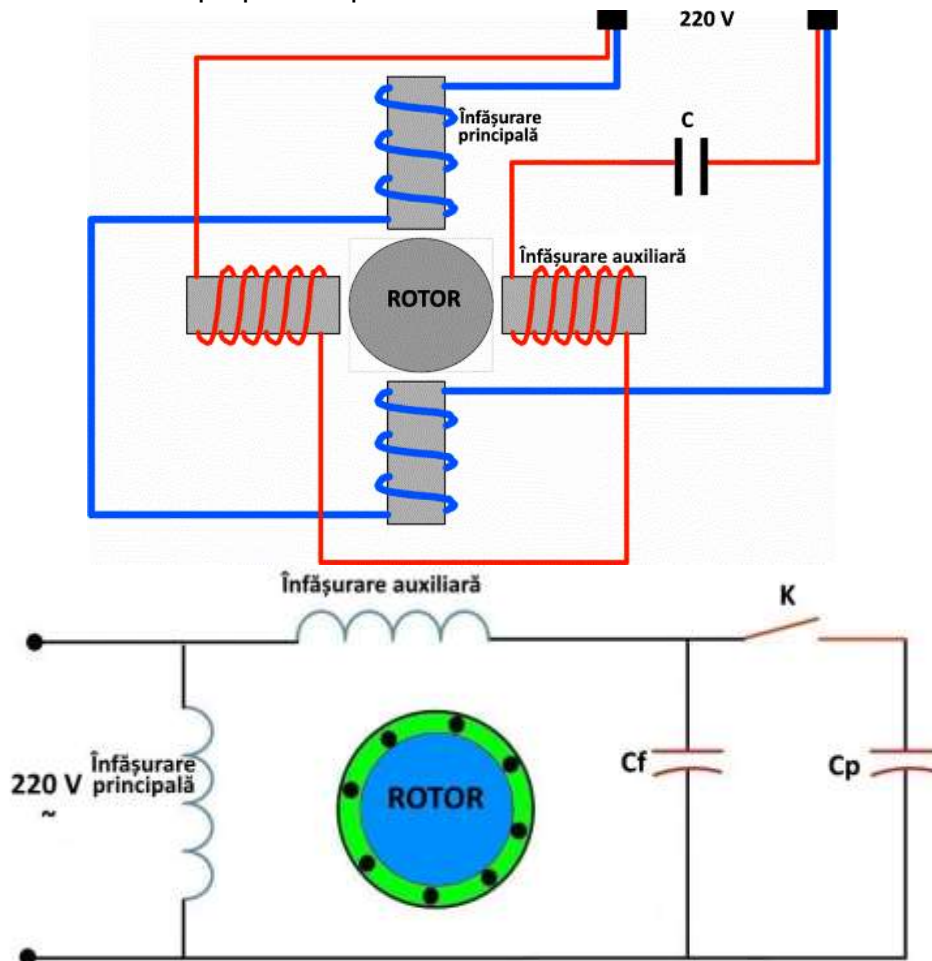


Figura 2.19 Motor asincron monofazat cu înfășurare auxiliară

b. Motor monofazat cu spiră în scurtcircuit (fig.2.20)

Acest tip de motor are statorul cu poli aparenti pe care este dispusă înfășurarea principală. Pe o parte a fiecărei tălpi polare este dispus un inel din cupru (spira în scurtcircuit). La alimentarea cu tensiune a motorului în aceste spire se induce curenți care produc câmpuri magnetice. Aceste câmpuri magnetice interacționează cu câmpul magnetic produs de înfășurarea principală apărând astfel un cuplu de pornire.

Acest tip de motor are sens unic de rotație și cuplul de pornire mic.

Motoarele monofazate cu spiră în scurtcircuit se construiesc pentru puteri foarte mici (5 W – 25 W) și se utilizează pentru acționarea ventilatoarelor mici, a unor angrenaje din aparatura electronică, ceasuri electrice, jucării, etc.

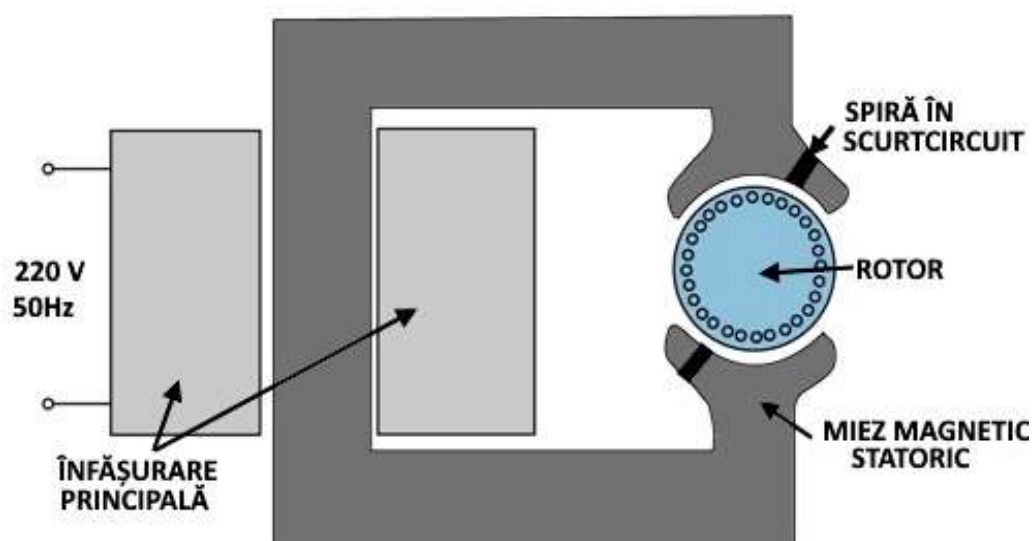


Figura 2.20 Motor asincron monofazat cu spiră în scurtcircuit

2.5 MOTORUL ELECTRIC UNIVERSAL.

Motorul electric universal (fig. 2.21) poate funcționa atât în CC cât și în CA.

Statorul este construit din lamele de oțel electrotehnic și este prevăzut cu poli magnetici în jurul cărora sunt plasate *bobinele statorului*.

Rotorul este construit din tole de oțel electrotehnic și este prevăzut cu canale în care sunt plasate *bobinele rotorului*.

Colectorul este fixat rigid pe ax și este construit din lamele trapezoidale din cupru la care sunt conectate bobinele rotorului.

Periile sunt construite din cărbune grafitat și sunt fixate în dispozitive portperii. Periile asigură legătura electrică dintre bobinele rotorului și bobinele statorului care sunt conectate între ele în **serie**.

Deoarece au cuplu de pornire ridicat și funcționează la viteze mari aceste motoare sunt utilizate în echipamentele electrice portabile (mașini de găurit, flex și fierăstrău electric, etc.) precum și în echipamentele electrocasnice (aspiratoare, râșnițe de cafea, roboți bucătărie, etc.).

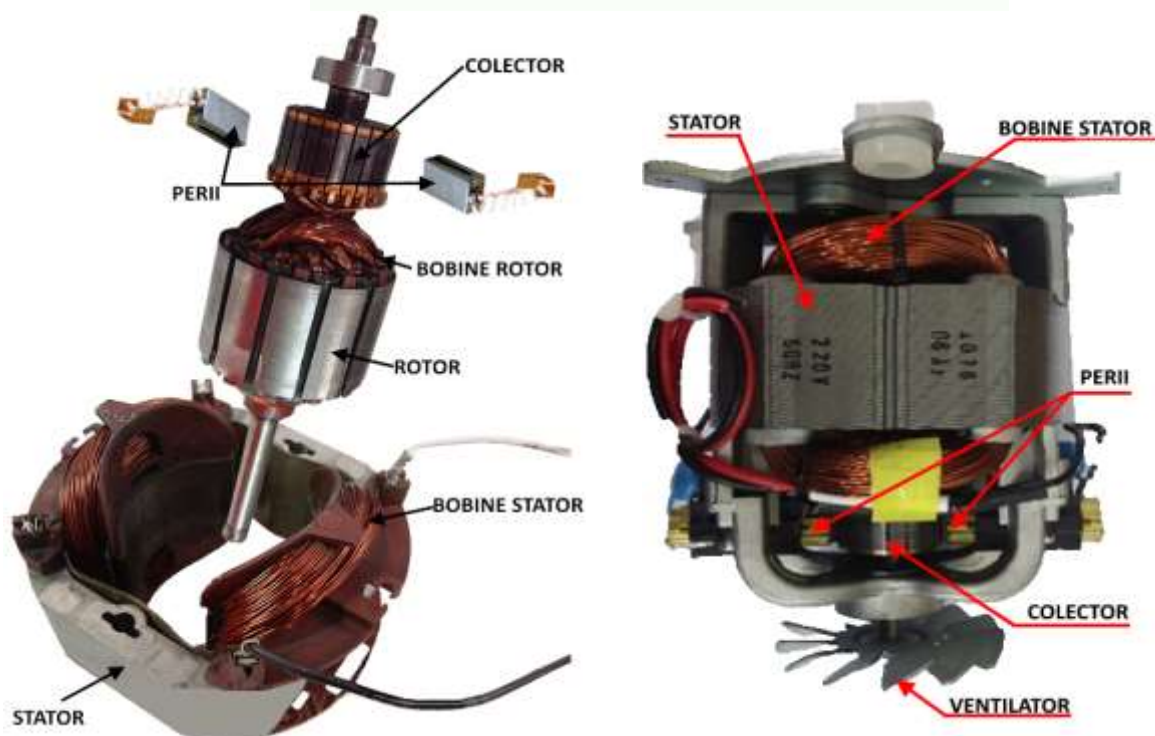
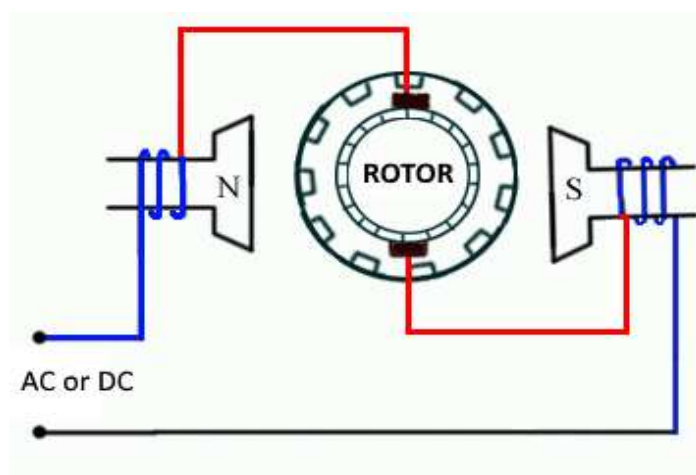


Figura 2.21 Motor electric universal