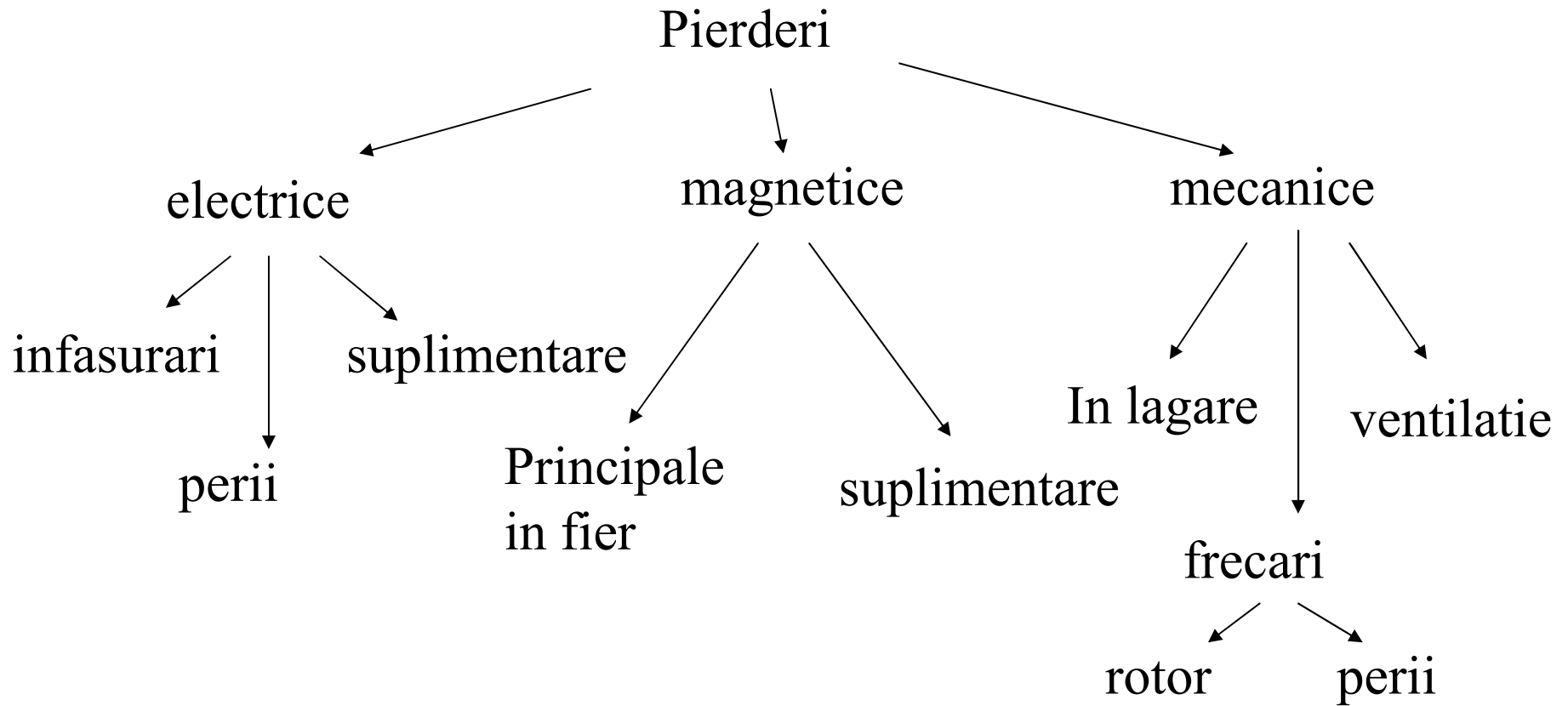


---

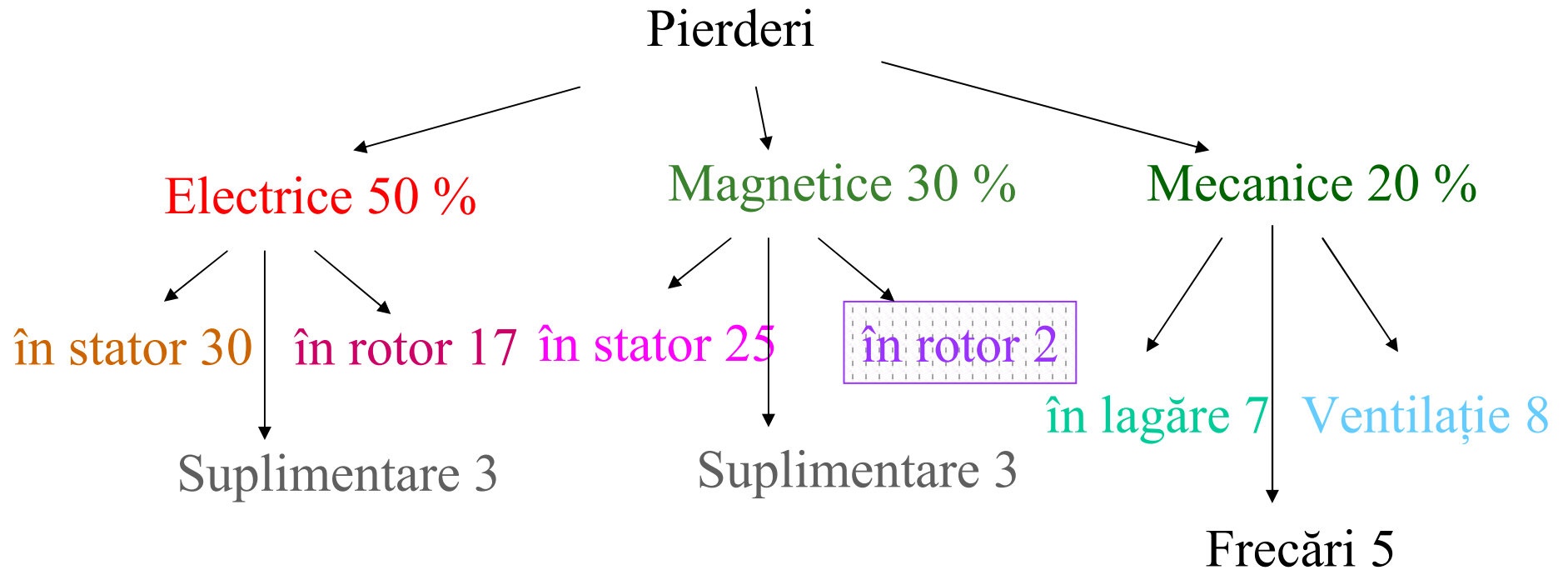
# Motoare electrice cu pierderi reduse

---

# Clasificarea pierderilor



# Pierderile în mașina de inducție

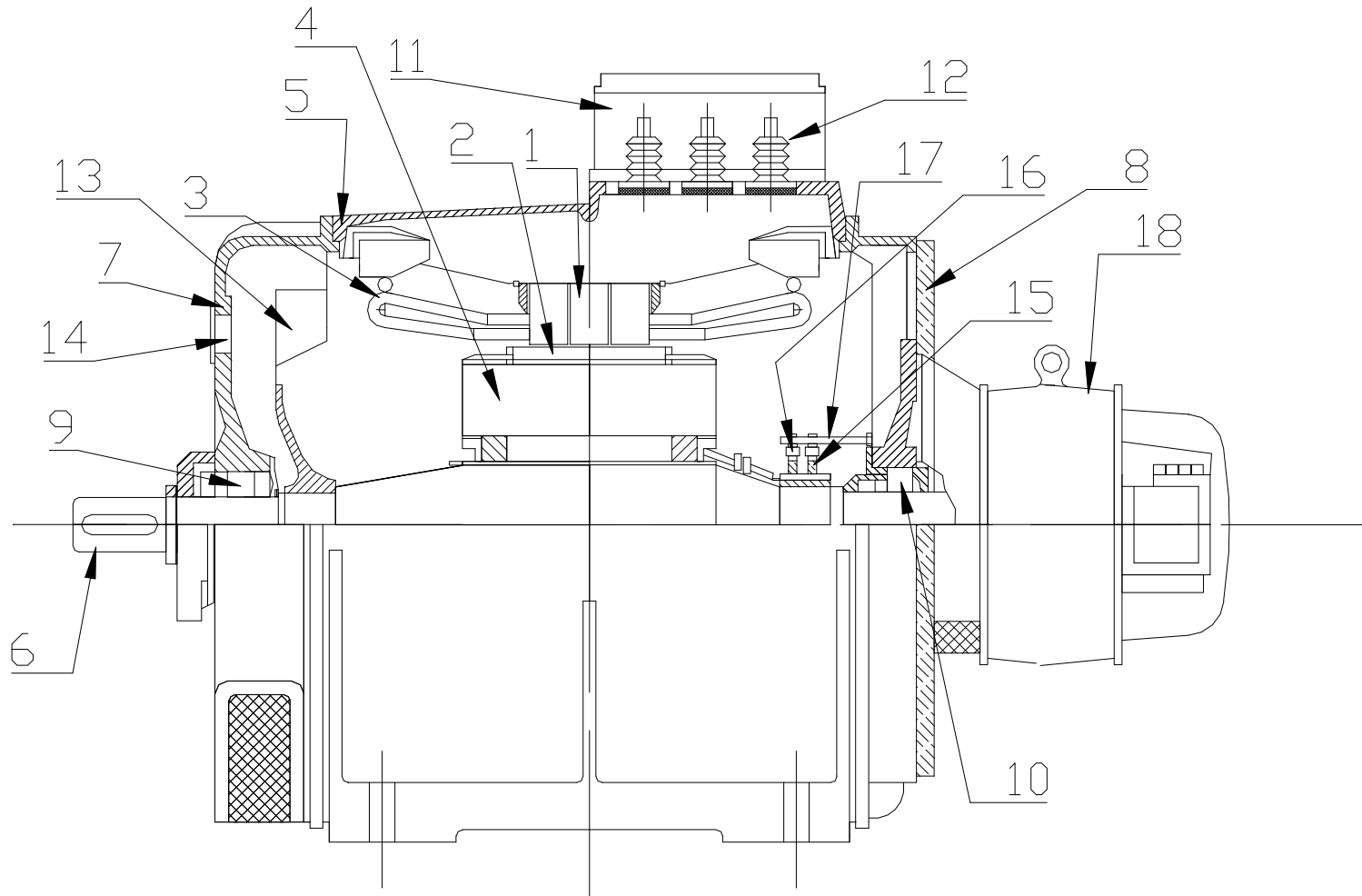


## Reducerile pierderilor cu 1 %

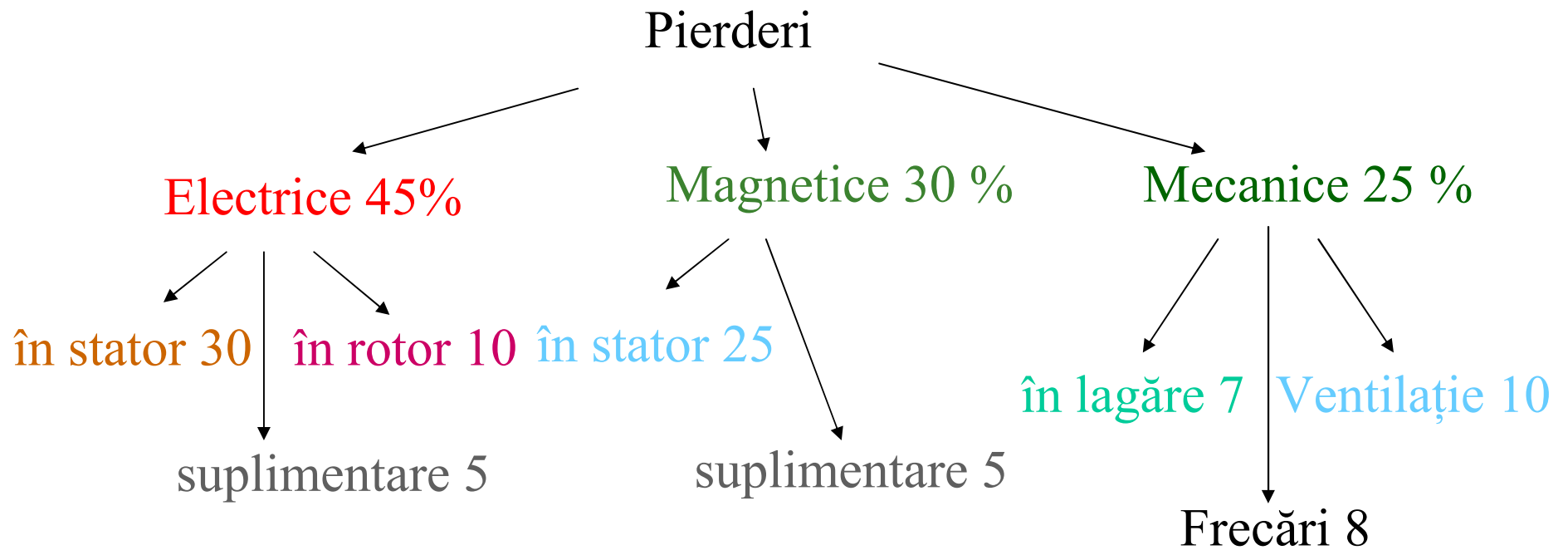
Puterea [kW]	Randamentul inițial %	Randamentul crescut %	Scăderea necesară a pierderilor de putere, %
1	73,0	74,0	8
5	83,0	84,0	11
25	89,0	90,0	16
50	90,5	91,5	19
100	91,5	92,5	28
200	93,0	94,0	38

procentul de reducere a pierderilor este dependentă de puterea motorului.

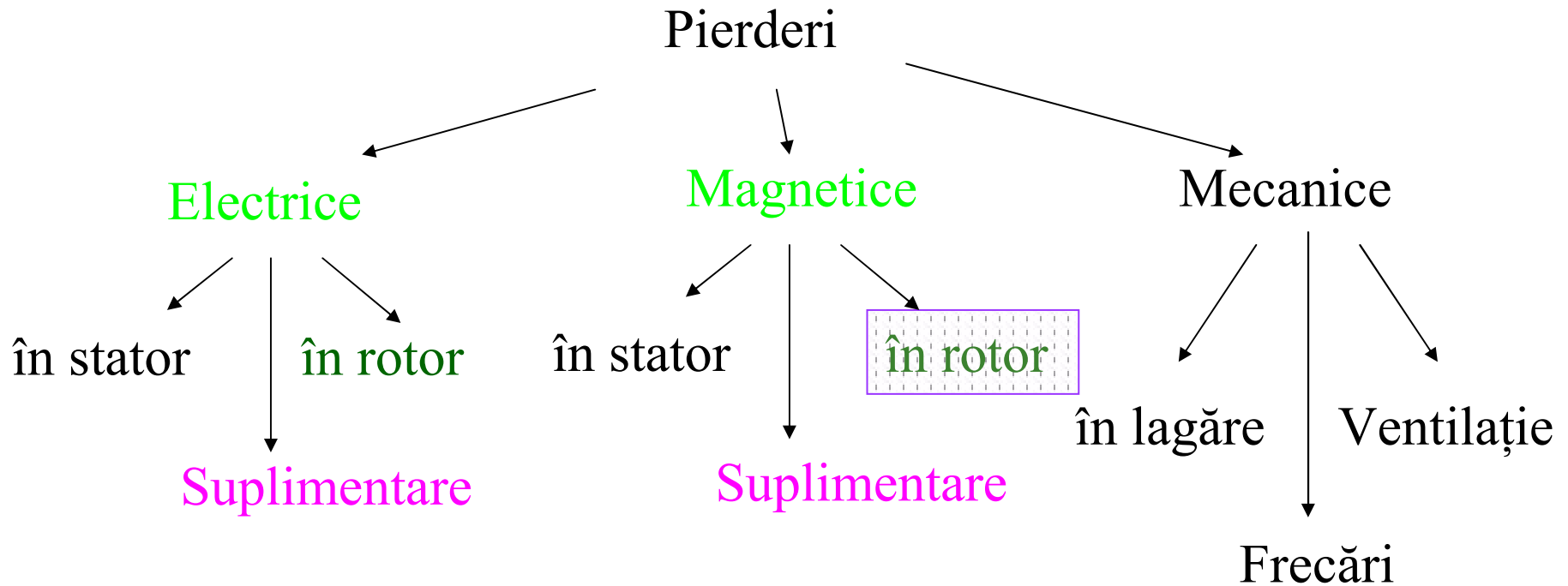
# Construcția mașinii sincrone



## Pierderile în mașina sincronă



# Comparație între mașina de inducție și sincronă



scade

rămâne constant

crește

Rezultă : randament mai bun

Nu există

---

## Mașina sincronă cu magneți permanenți

**Dezavantajele** mașinii sincrone în construcție clasică, cu excitație electromagnetică, :

prezența **sistemului perii** – inele colectoare pentru alimentarea excitației,

necesitatea unei **surse de curent continuu** care poate fi o mașină de curent continuu sau un redresor comandat.

**Solutia** la puteri mici și medii: folosirea magnetilor permanenți.

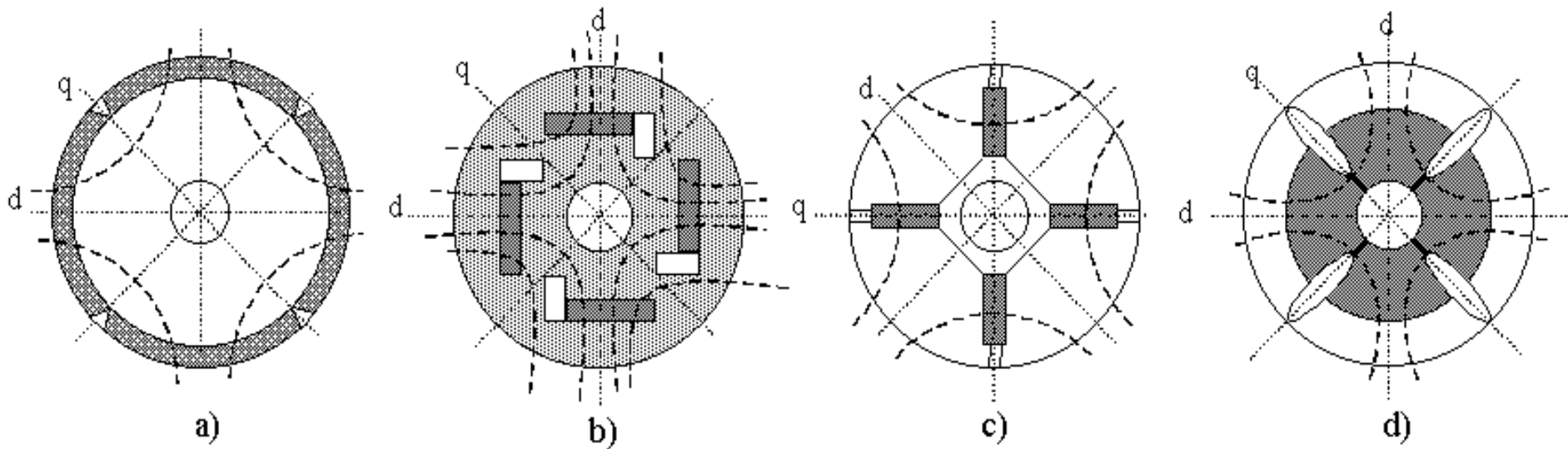
**O variantă clasică:** **statorul** în construcție normală, adică miez din tole cu creștături și înfășurare repartizată.

La **rotor** excitația electromagnetică este înlocuită cu excitație cu magneți permanenți, existând diferite soluții constructive .

---



## Variante constructive, funcționare



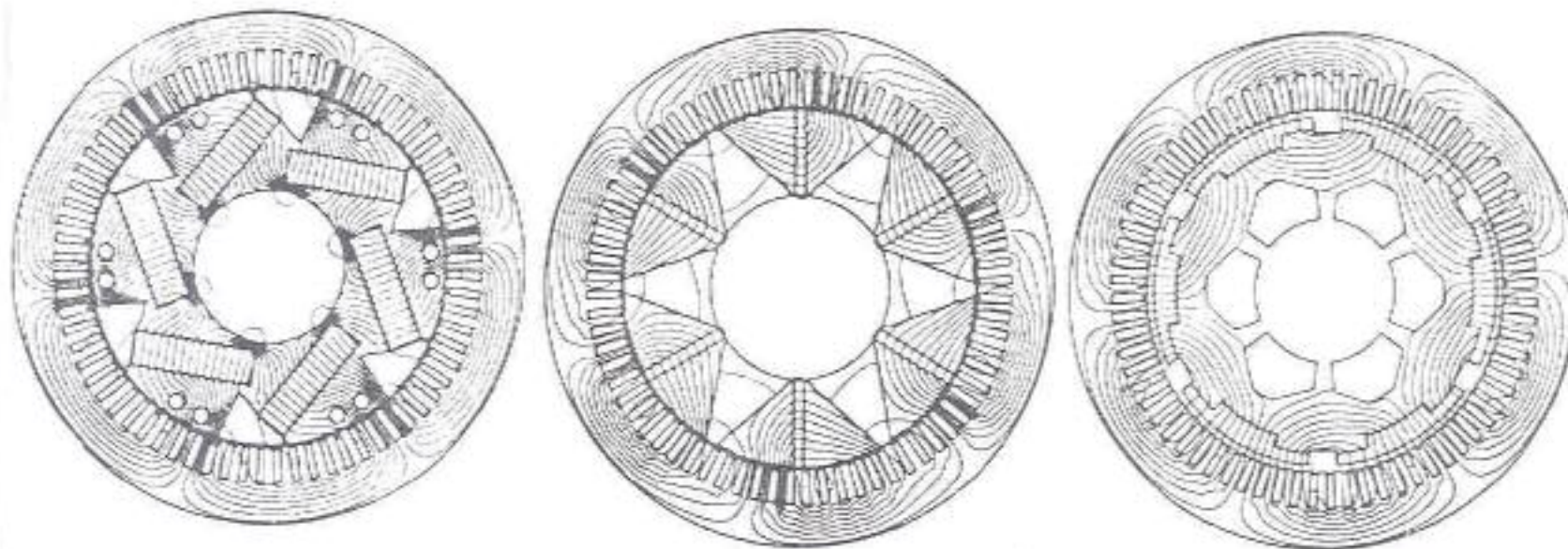
a. Rotor cilindric din tole, cu magneți permanenți dispuși în întrefier la suprafața miezului

$$X_d = X_q$$

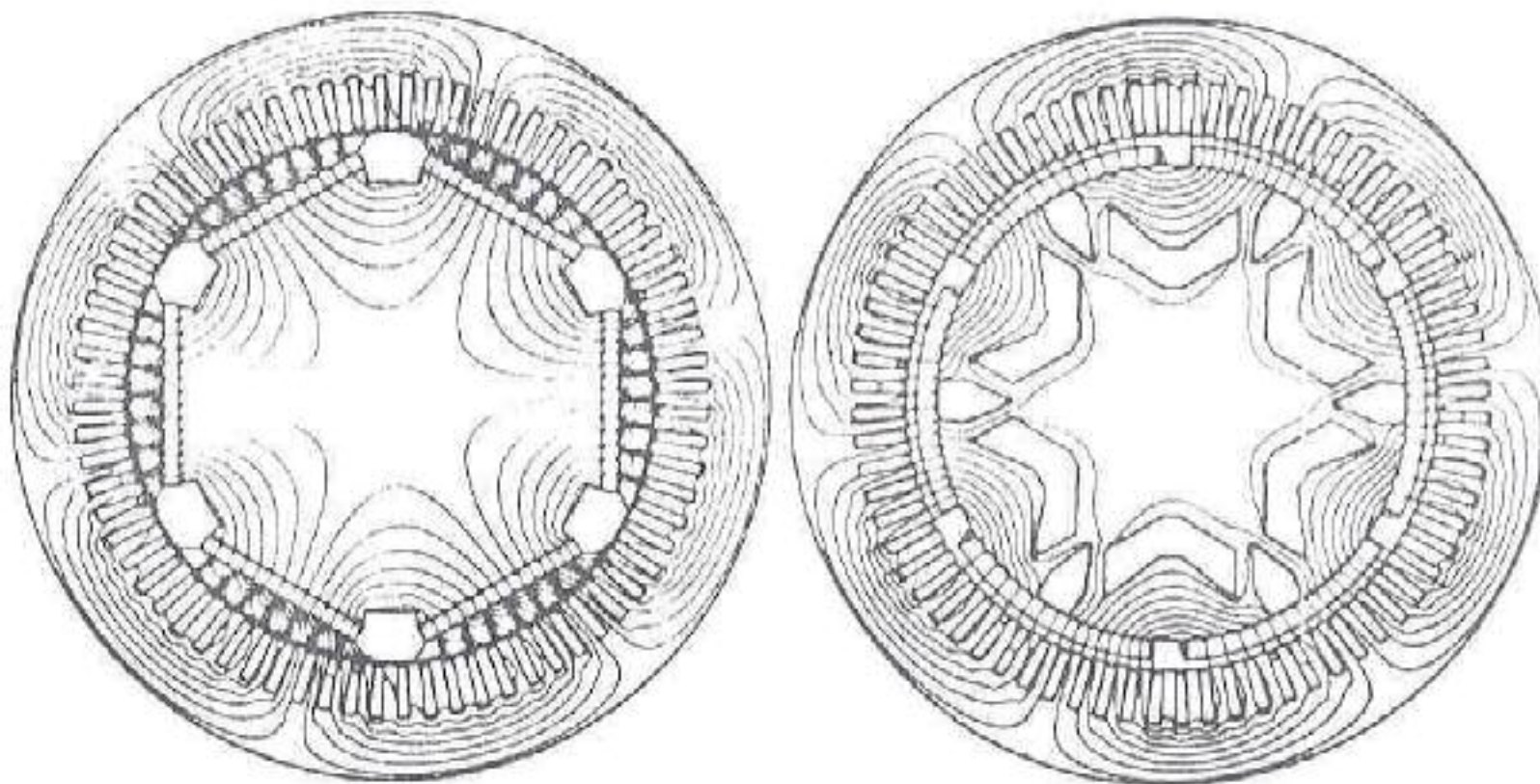
b. c. d. Rotor cilindric din tole, cu magneți permanenți îngropați

$$X_d < X_q$$

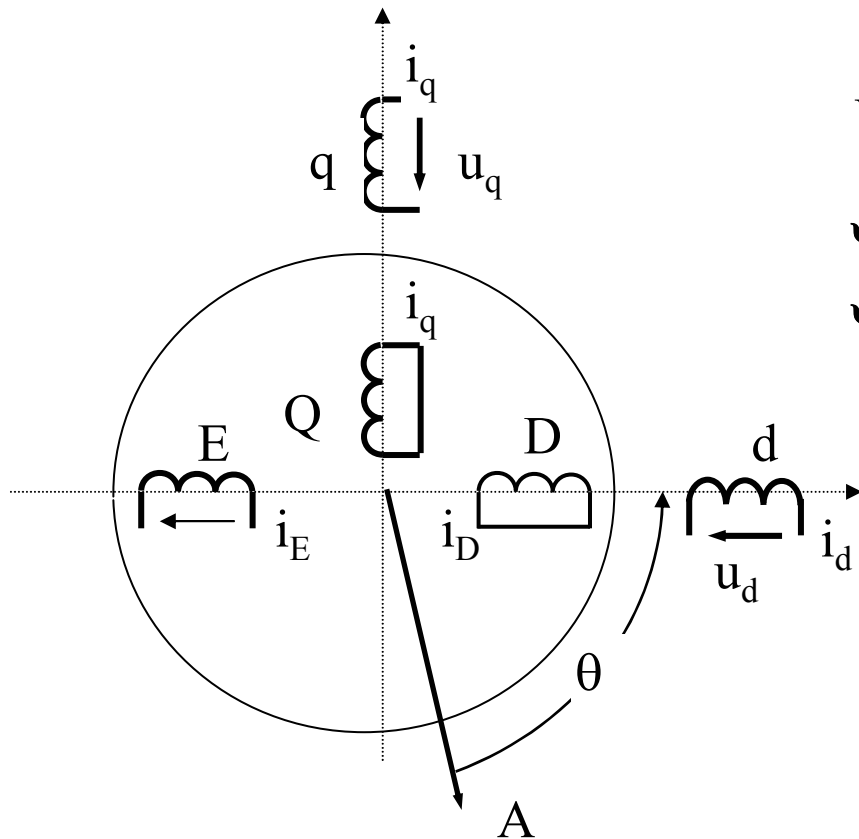
## Câmpul magnetic în motoare cu magneți permanenți



## Câmpul magnetic în motoare cu magneți permanenți



# Modelul matematic al mașinii sincrone



$$u_d = R_S i_d + \frac{\partial \Psi_d}{\partial t} - \omega \Psi_q$$

$$u_q = R_S i_q + \frac{\partial \Psi_q}{\partial t} + \omega \Psi_d$$

$$\Psi_d = L_{s\sigma} i_d + \Psi_{dm};$$

$$\Psi_q = L_{s\sigma} i_q + \Psi_{qm};$$

$$0 = R_D i_D + \frac{\partial \Psi_D}{\partial t}$$

$$0 = R_Q i_Q + \frac{\partial \Psi_Q}{\partial t}$$

$$U_E = R_E i_E + \frac{\partial \Psi_E}{\partial t}$$

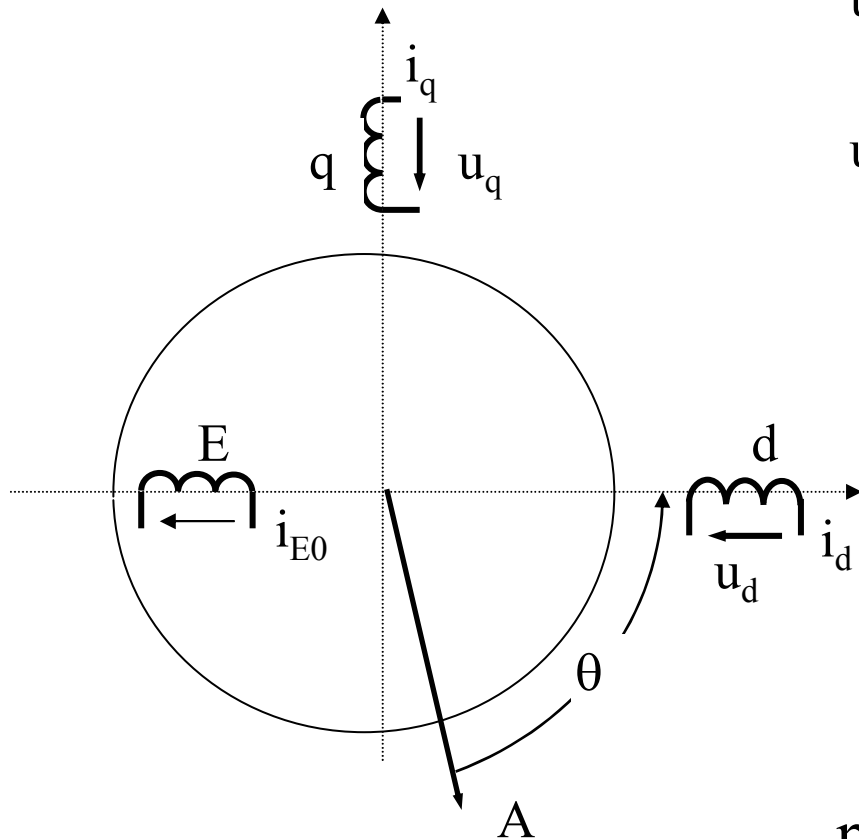
$$\Psi_D = L_{D\sigma} i_D + \Psi_{dm}$$

$$\Psi_Q = L_{Q\sigma} i_Q + \Psi_{qm}$$

$$\Psi_E = L_{E\sigma} i_E + \Psi_{dm}$$

$$\Psi_{dm} = M_d (i_d + i_D) + \Psi_E; \quad \Psi_{qm} = M_q (i_q + i_Q)$$

# Modelul matematic al mașinii sincrone cu magneți permanenți



$$u_d = R_s i_d + \frac{\partial \Psi_d}{\partial t} - \omega \Psi_q$$

$$u_q = R_s i_q + \frac{\partial \Psi_q}{\partial t} + \omega \Psi_d$$

$$\Psi_d = L_{s\sigma} i_d + \Psi_{dm};$$

$$\Psi_q = L_{s\sigma} i_q + \Psi_{qm};$$

$$\Psi_{dm} = M_d i_d + \Psi_E; \quad \Psi_{qm} = M_q i_q$$

$$\Psi_E = M_d i_{E0}$$

$$p(\Psi_d \cdot i_q - \Psi_q \cdot i_d) = \frac{J}{p} \frac{d\omega}{dt} + C_{rez}$$

## Modelul matematic

**În regim staționar**,  $\omega = \omega_S$ ,

-dacă inductivitățile sincrone  $L_d, L_q$  nu depind de curent

- fluxurile sunt constante

$$L_d = L_{S\sigma} + M_d$$

$$L_q = L_{S\sigma} + M_q$$

$$\underline{u}_d = R_S \underline{i}_d - X_q \underline{i}_q$$

$$\underline{u}_q = R_S \underline{i}_q + X_d \underline{i}_d + \omega_S \Psi_E$$

$$X_d = \omega_S L_d, \quad X_q = \omega_S L_q$$

Mărimi complexe

$$\underline{\Psi}_S = \Psi_d + j\Psi_q$$

$$\underline{u}_S = R_S \underline{i}_S + jX_d \underline{i}_d - X_q \underline{i}_q + j\omega_S \Psi_E$$

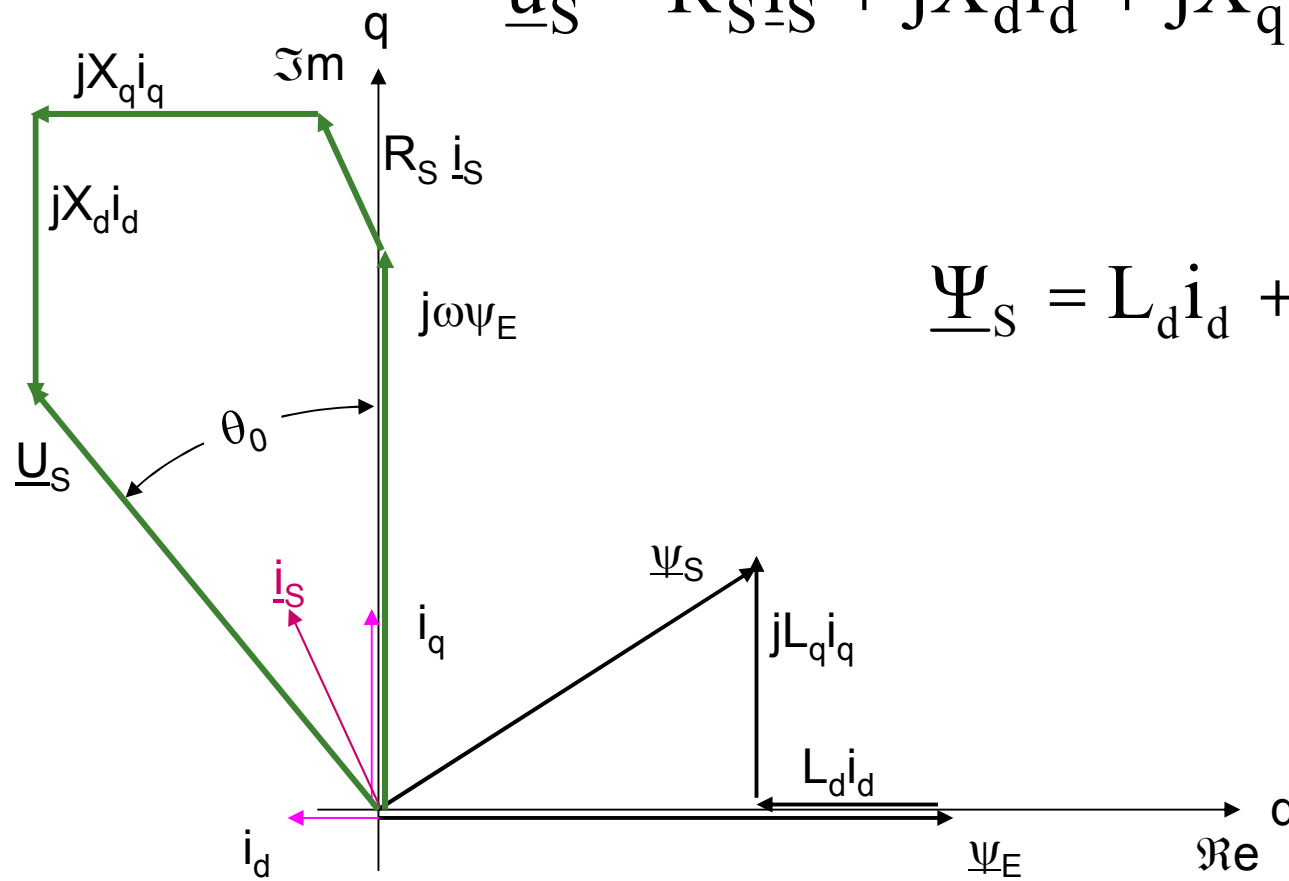
$$\underline{\Psi}_S = L_d \underline{i}_d + \Psi_E + jL_q \underline{i}_q$$

# Modelul matematic

## Diagrama vectorială

$$\underline{u}_S = R_S \underline{i}_S + jX_d i_d + jX_q i_q + j\omega_S \Psi_E$$

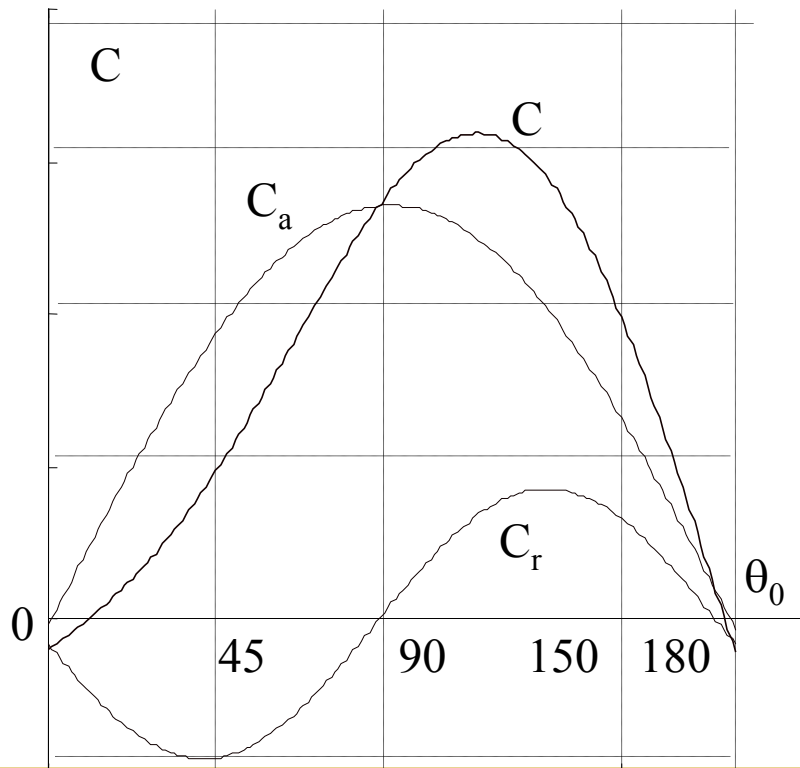
$$\underline{\Psi}_S = L_d i_d + \Psi_E + jL_q i_q$$



## Modelul matematic

**Cuplul masinii.** Dacă se neglijează rezistența fazei statorice, atunci în regim staționar se obține

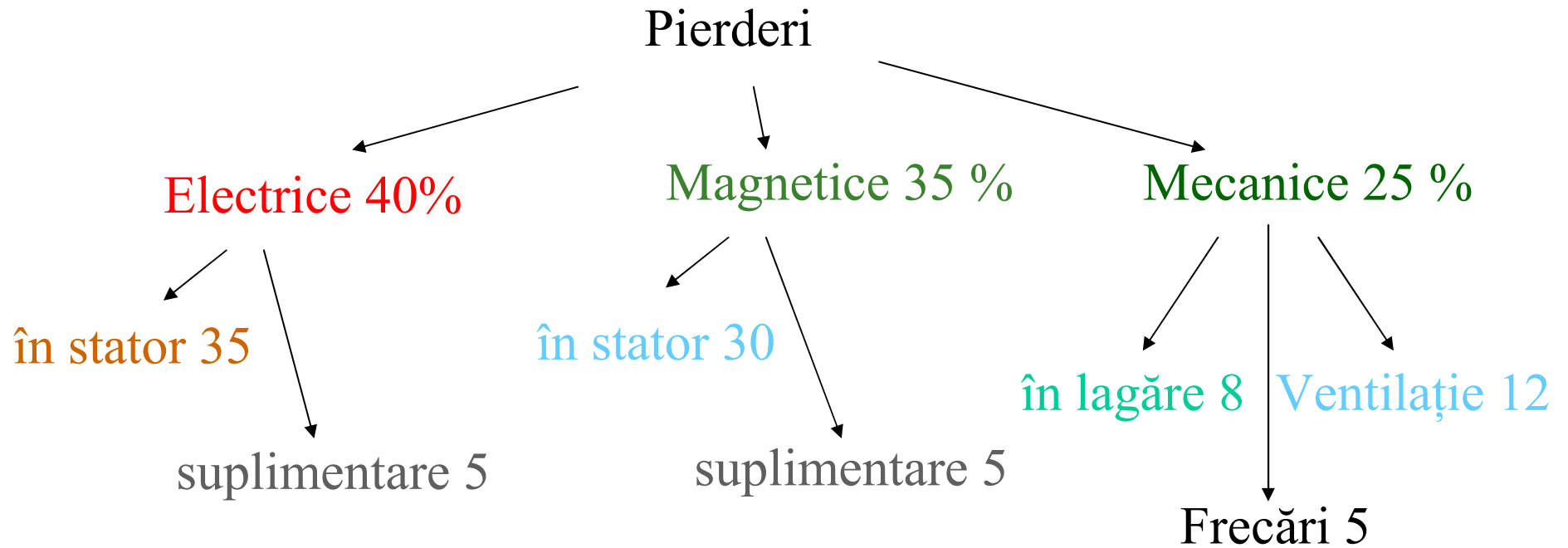
$$\underline{u}_S \cong j\omega_S \underline{\Psi}_S \qquad \omega_S \Psi_E = -\sqrt{3}E_0$$



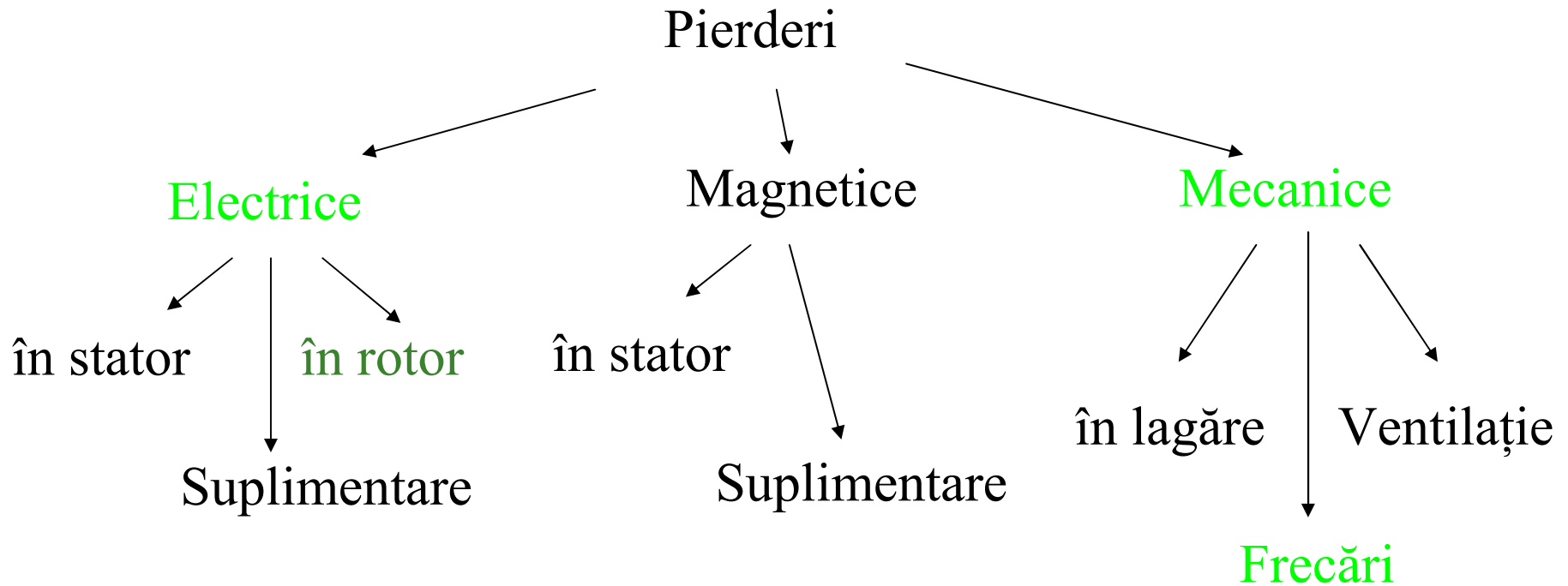
$$C = \frac{3 \cdot p}{\omega_S} \left[ \frac{UE_0}{X_d} \sin\theta_0 + \frac{U^2}{2} \left( \frac{1}{X_q} - \frac{1}{X_d} \right) \sin 2\theta_0 \right]$$



# Pierderile în mașina sincronă cu magneți permanenți



# Comparație între mașina sincronă și sincronă cu magneți permanenți



scade

rămâne constant

crește

Rezultă : randament mai bun

Nu există

---

## Motorul sincron cu reluctanță

Conversia de energie electromecanică se produce pe baza **principiului reluctanței minime**.

Acest tip de motor produce cuplu electromagnetic datorită tendinței părții mobile, rotorul în cazul mașinilor rotative, de a ocupa o poziție în care inductivitatea înfășurării statorice alimentate, precum și fluxul produs de aceasta să fie maxime.

Performanțele mașinii sincrone reactive depind decisiv de valoarea raportului inductivităților de magnetizare pe cele două axe,  $d$  și respectiv  $q$ , ( $M_d/M_q$ ), ca și de diferența dintre aceste inductivități ( $M_d - M_q$ ).

**Statorul** mașinilor sincrone reactive are o simetrie cilindrică și este construit în mod identic cu cel al unei mașini de inducție, adică are un miez din tole cu creștături uniform repartizate spre întrefier, înfășurarea fiind repartizată deschisă, sau, în cazuri particulare, concentrată

---

---

## Construcția motorului cu reluctanță variabilă

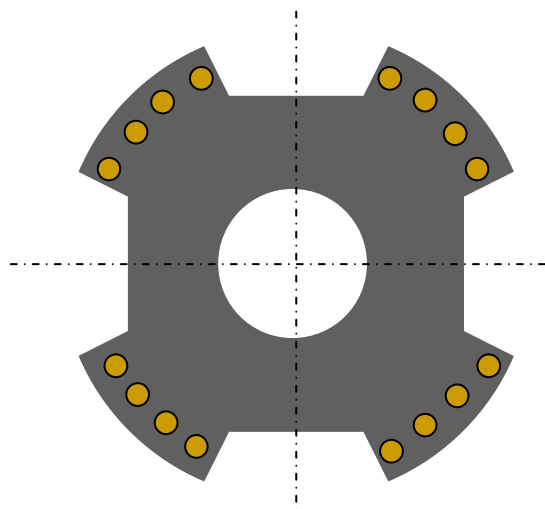
**Rotorul** acestor mașini este construit în mod uzual fără înfășurări sau magneți permanenți, dar poate fi prevăzut cu o înfășurare în colivie mai ales atunci când mașina este alimentată de la rețea, adică alimentată la frecvență și tensiune constantă.

Nesimetria magnetică a rotorului se poate obține prin trei metode și anume:

- Rotor cu poli aparenti obținuți prin decuparea unor porțiuni din miezul cilindric cu tole convenționale.
  - Rotor realizat cu tole convenționale și prevăzut cu bariere de flux pentru creșterea nesimetriei magnetice.
  - Rotor construit cu tole dispuse axial având spații nemagnetice între ele.
-

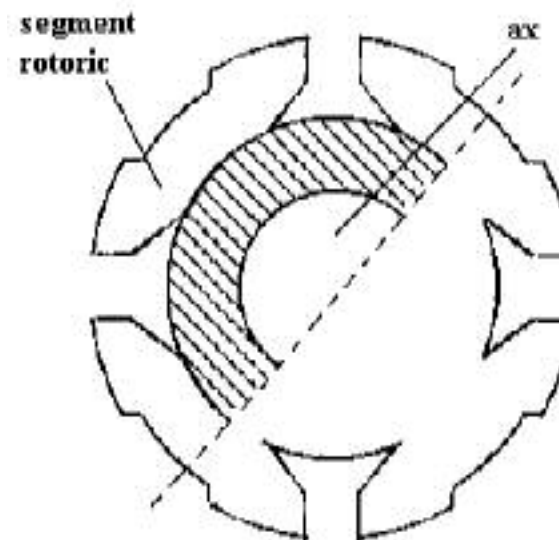
## Variante, construcție și funcționare

1. Construcție cu tole laminate dispuse convențional cu nesimetrie magnetică concentrată



rotor cu tole dispuse convențional și nesimetrie rotorică concentrată diametral, cu patru poli.

conținutul de armonici în câmp mai ridicat.

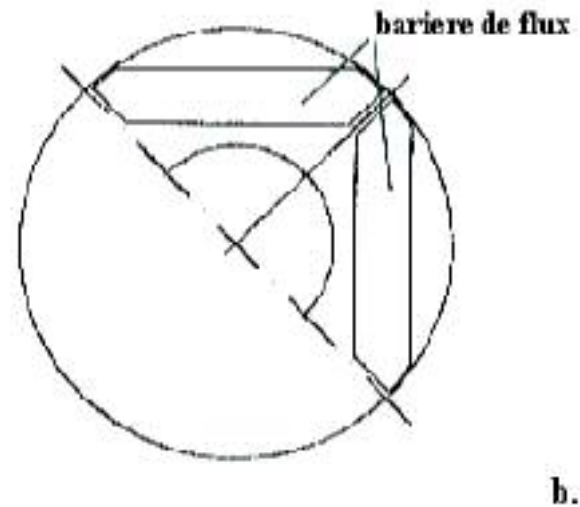
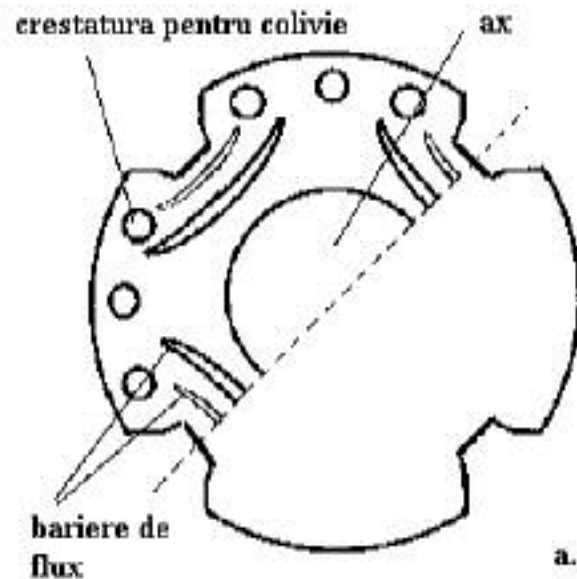


rotor cu segmenti izolați.

raportului inductivităților de magnetizare pe cele două axe  $M_d/M_q$  egală sau mai mare de 5.

## Variante, construcție și funcționare

1. Construcție cu tole laminate dispuse convențional cu bariere de flux și nesimetrie magnetică concentrată sau distribuită.



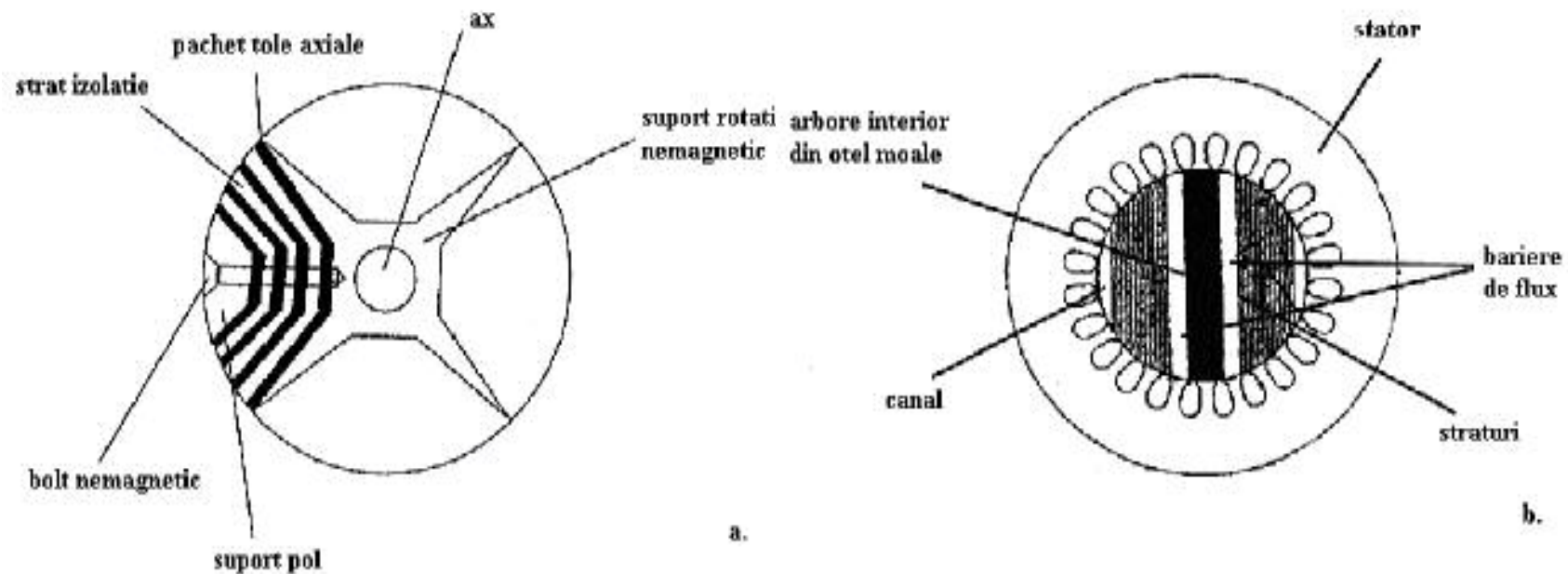
Variante constructive de rotoare cu bariere de flux;

a) cu poli aparenti și crestături pentru colivie,

b) cu o singură barieră de flux pe pol,

## Variante, construcție și funcționare

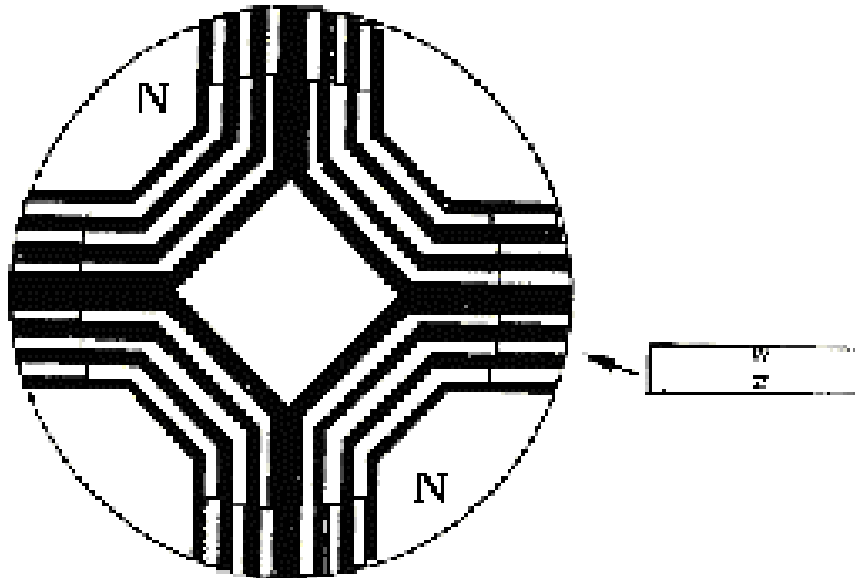
### 3. Construcție cu tole dispuse axial cu nesimetrie magnetică distribuită,



a) mașină cu patru poli ,

b) mașină cu doi poli cu bariere adiționale de flux.

## Variante, construcție și funcționare



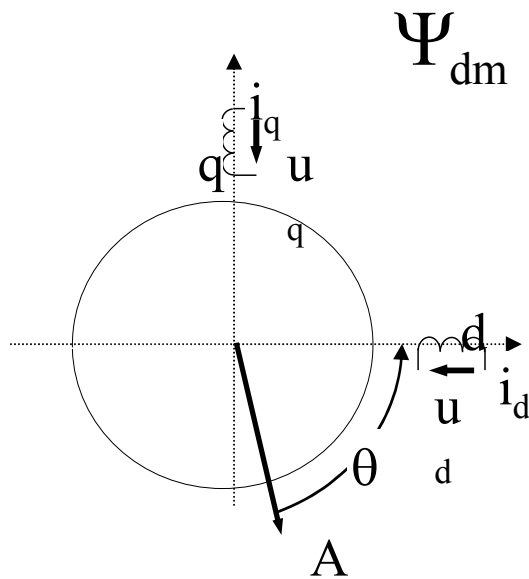
O astfel de mașină de 7,5 kW la care se utilizează bandă de cauciuc cu ferita inclusă. Performanțe remarcabile materializate prin comportare foarte bună la turații mici, posibilitatea slăbirii de câmp, deci a extinderii domeniului de turație și un conținut de cupluri parazite foarte redus.

Rotor cu patru poli, tole dispuse axial și magneți permanenți plasați între pachetele de tole.



## Modelul matematic

La motoare sincrone reactive fara magneti permanenti în rotor



$$\Psi_{dm} = M_d i_d, \quad \Psi_{qm} = M_q i_q$$

$$u_d = R_s i_d + L_d \frac{di_d}{dt} + \omega L_q i_q$$

$$u_q = R_s i_q + L_q \frac{di_q}{dt} - \omega L_d i_d,$$

$$T = p(\Psi_{dm} i_q - \Psi_{qm} i_d)$$

In regim stationar

$$\underline{\Psi}_S = L_d i_d + jL_q i_q$$

$$\underline{u}_S = R_S \underline{i}_S + jX_d i_d + jX_q i_q$$

## Modelul matematic

se neglijează rezistența fazei statorice

$$\underline{U}_S \cong \omega \cdot \underline{\Psi}_S$$

cu raportul  $k$  dintre inductivitățile de pe axele  $d$  și  $q$

$$\frac{1}{k} = \frac{M_d}{M_q}$$

Valoarea maximă a factorului de putere este

$$\cos \varphi_{\max} = \frac{1 - k}{1 + k}$$

---

## Modelul matematic

Puterea absorbită în condițiile unui factor de putere maxim este

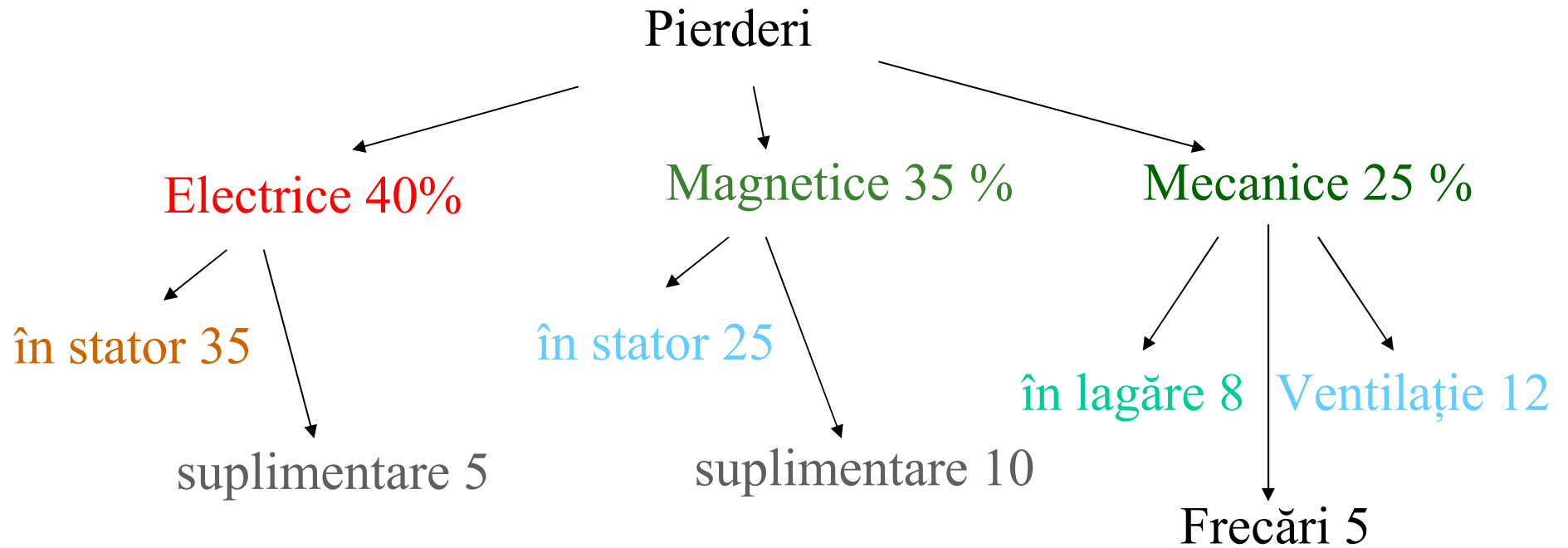
$$P_{i|\cos\varphi_{\max}} = 3U_S I_S \frac{1-k}{1+k}$$

pentru valoarea maximă a factorului de putere se obține pentru unghiul de sarcină  $\theta_0$  relația:

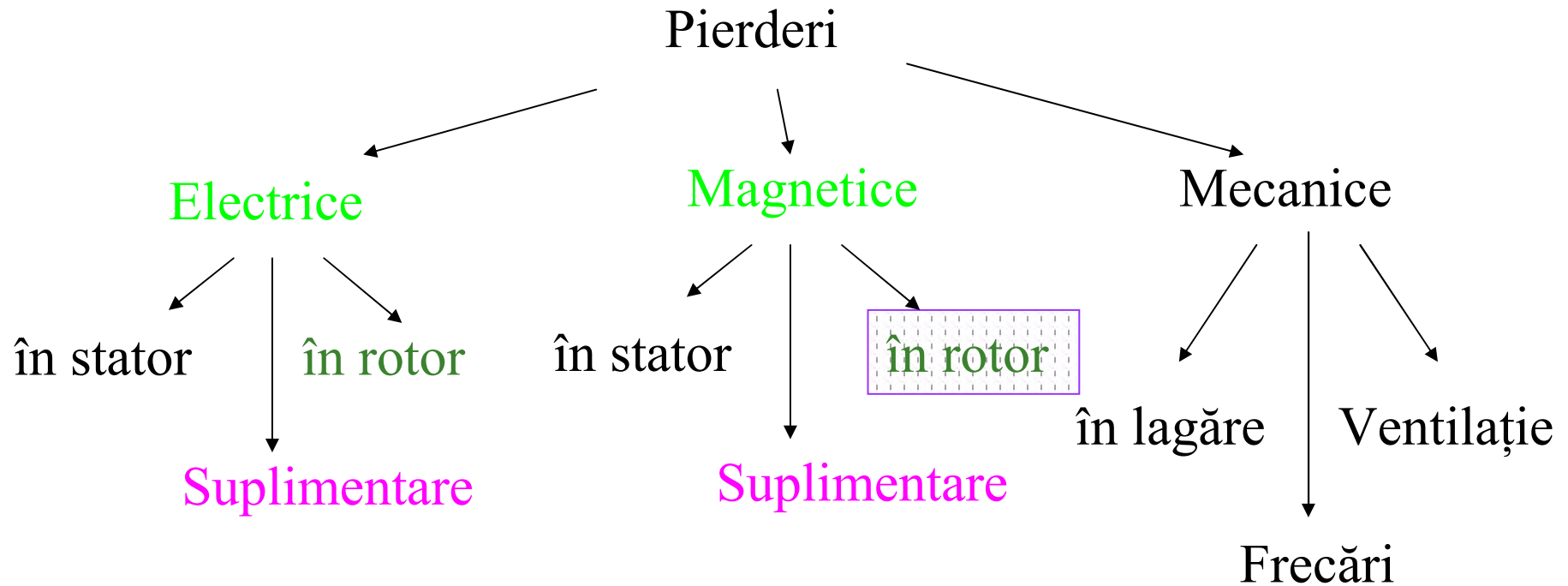
$$\operatorname{tg}\theta_0 = \sqrt{k}$$

---

## Pierderi în motorul sincron reactiv



# Comparație între mașina de inducție și sincronă reactivă



scade

rămâne constant

crește

Rezultă : randament mai bun

Nu există