
Sistemul electric al mașinilor electrice

Sistemul electric

Rolul sistemului electric:

- Legătura electrică cu exterior și între părțile componente
- Crearea câmpului magnetic,
- Sediul t.e.m.induse – transformarea energiei

Elementele sistemului electric:

1. Borne,
 2. Inele de contact, colector, perii.
 3. Înfășurări.
-

Materialle folosite

Materialle pentru conductoare

Cupru

conductoare:

rotunde
profile speciale
 $S_{cu} < 10 \text{ mm}^2$

profilate
 $S_{cu} > 8 \text{ mm}^2$

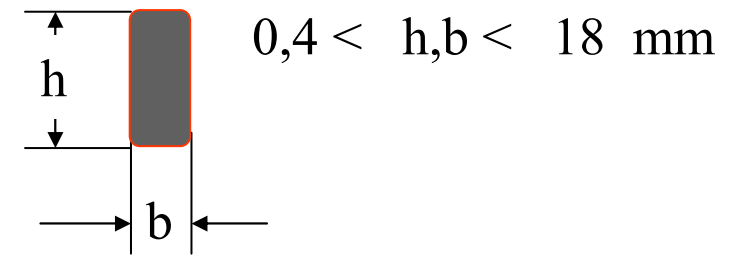
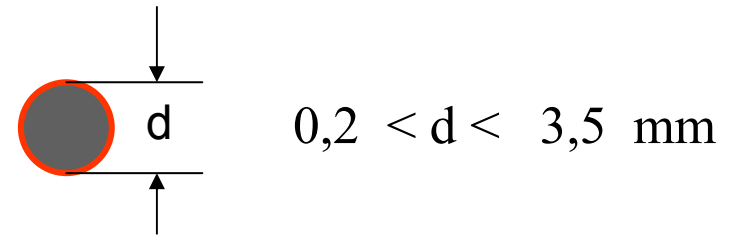
Aluminiu

conductoare:

turnat

colivie

profile speciale



bandă



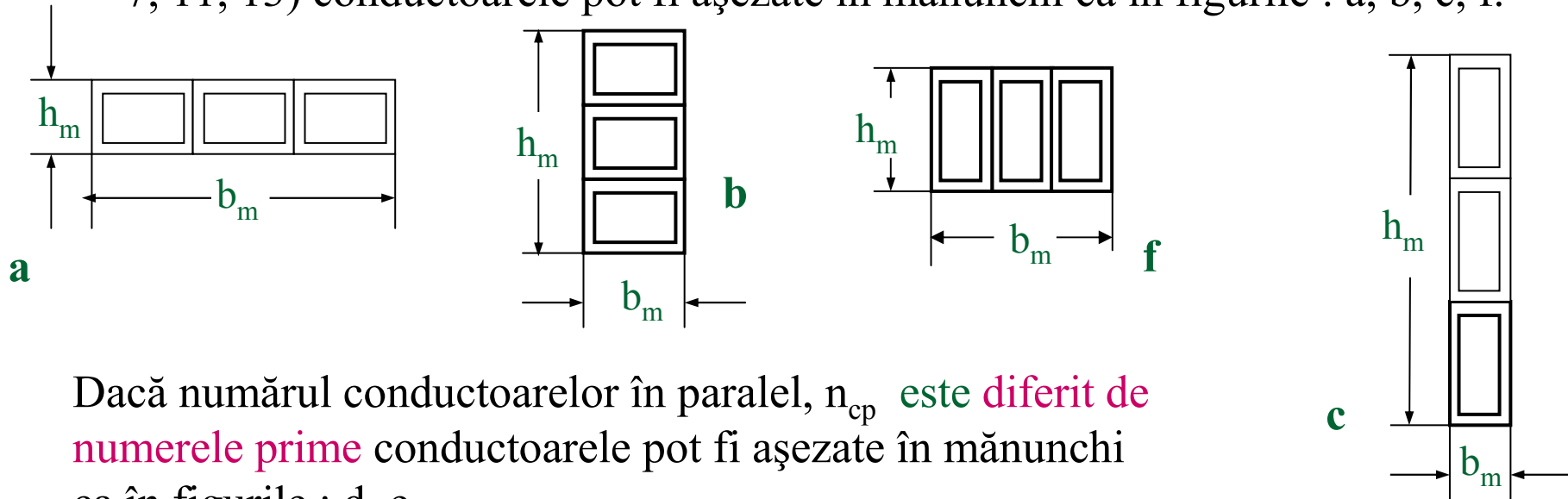
lamelă



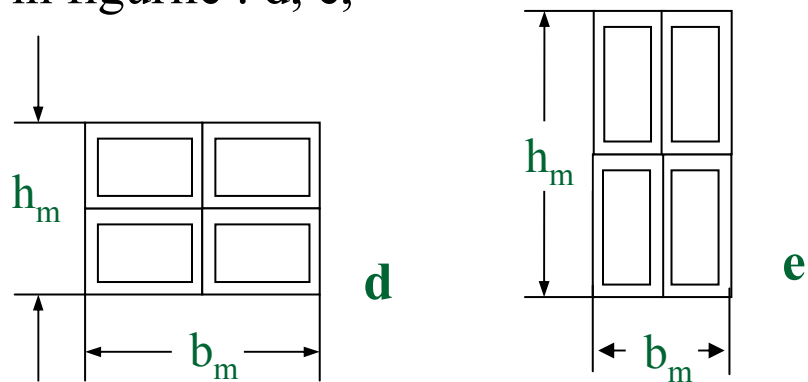
bară

Mănunchiuri.

Dacă numărul conductoarelor în paralel, n_{cp} este un număr prim (1, 2, 3, 5, 7, 11, 13) conductoarele pot fi așezate în mănunchi ca în figurile : a, b, c, f.



Dacă numărul conductoarelor în paralel, n_{cp} este diferit de numerele prime conductoarele pot fi așezate în mănunchi ca în figurile : d, e,



Sunt așezate m_{cmy} conductoare axial

Sunt așezate m_{cmx} conductoare radial

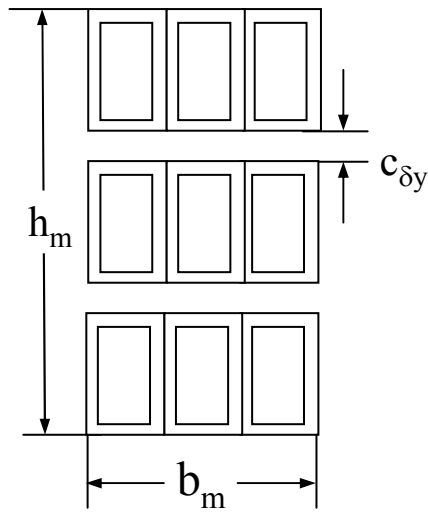
Numarul total de conductoare in paralel

$$n_{cpv} = m_{cmxv} \cdot m_{cmyv}$$

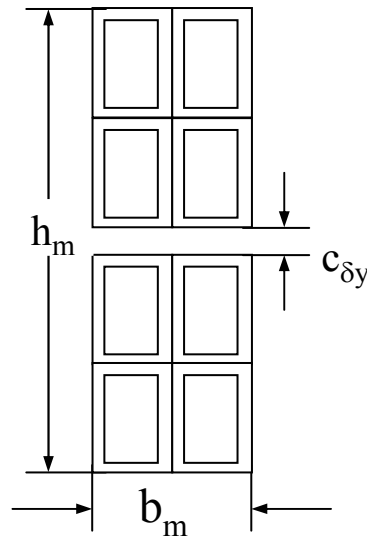
Mănunchiuri.

La puteri mari trebuie asigurată răcirea tuturor conductoarelor.

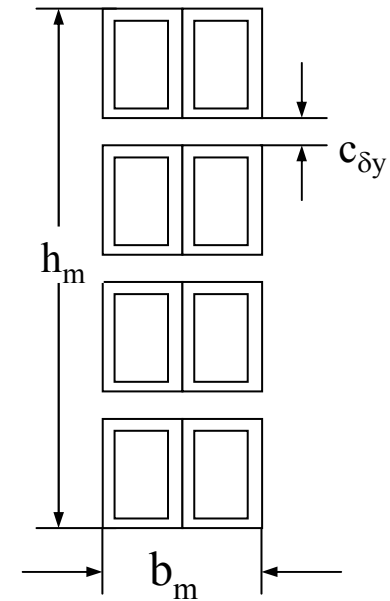
Se prevăd $n_{\delta m}$ canale **radiale** în mănunchiuri



Mănunchi cu $m_{cmy} = 3$ și
 $m_{cmx} = 3$ și $n_{\delta m} = 2$.



Mănunchi cu $m_{cmy} = 4$ și
 $m_{cmx} = 2$ și $n_{\delta m} = 1$.



Mănunchi cu $m_{cmy} = 4$ și
 $m_{cmx} = 2$ și $n_{\delta m} = 3$.

Înfășurările transformatoarelor

La puteri sub 1 ÷ 3 kVA înfășurări **dreptunghiulare**

Peste 3kVA înfășurări **cilindrice**.

În funcție de suprafața înfășurării în contact cu mediul de răcire deosebim:

Înfășurări **spiralate** – cea mai mare suprafață de răcire

Înfășurări **continue în galeți**

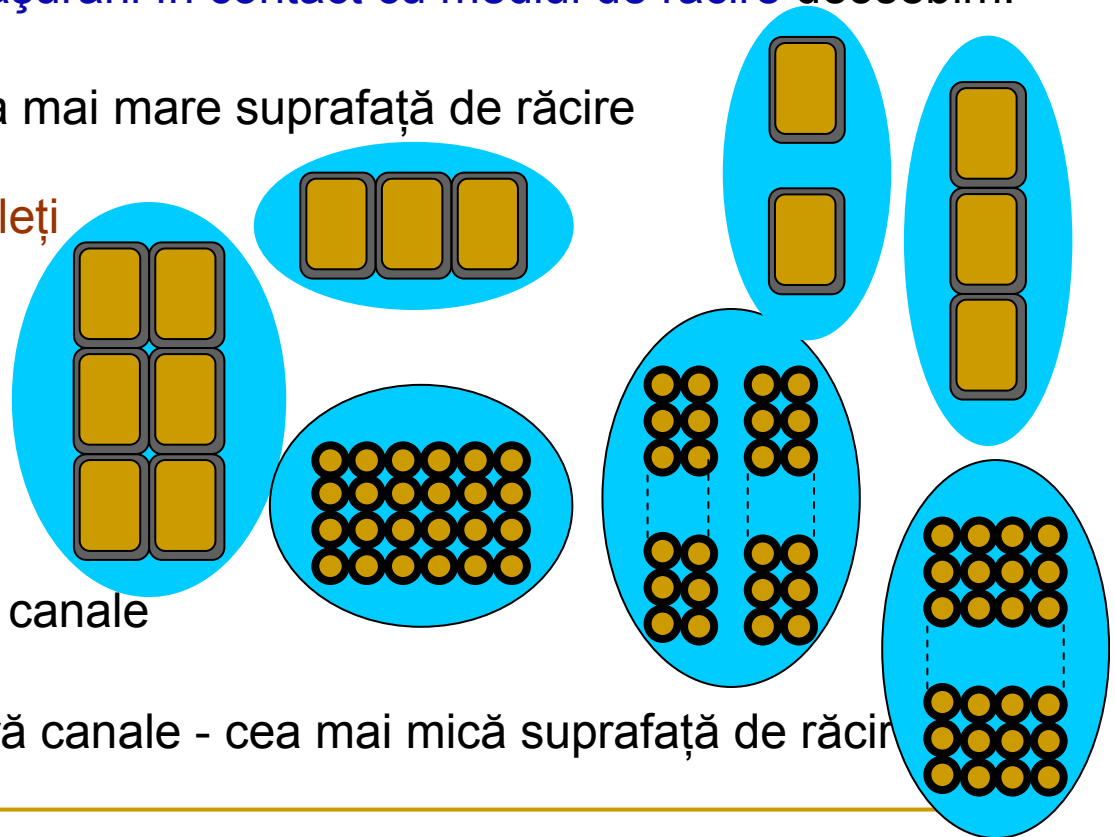
Înfășurări **într-un strat**

Înfășurări în **dublu strat**

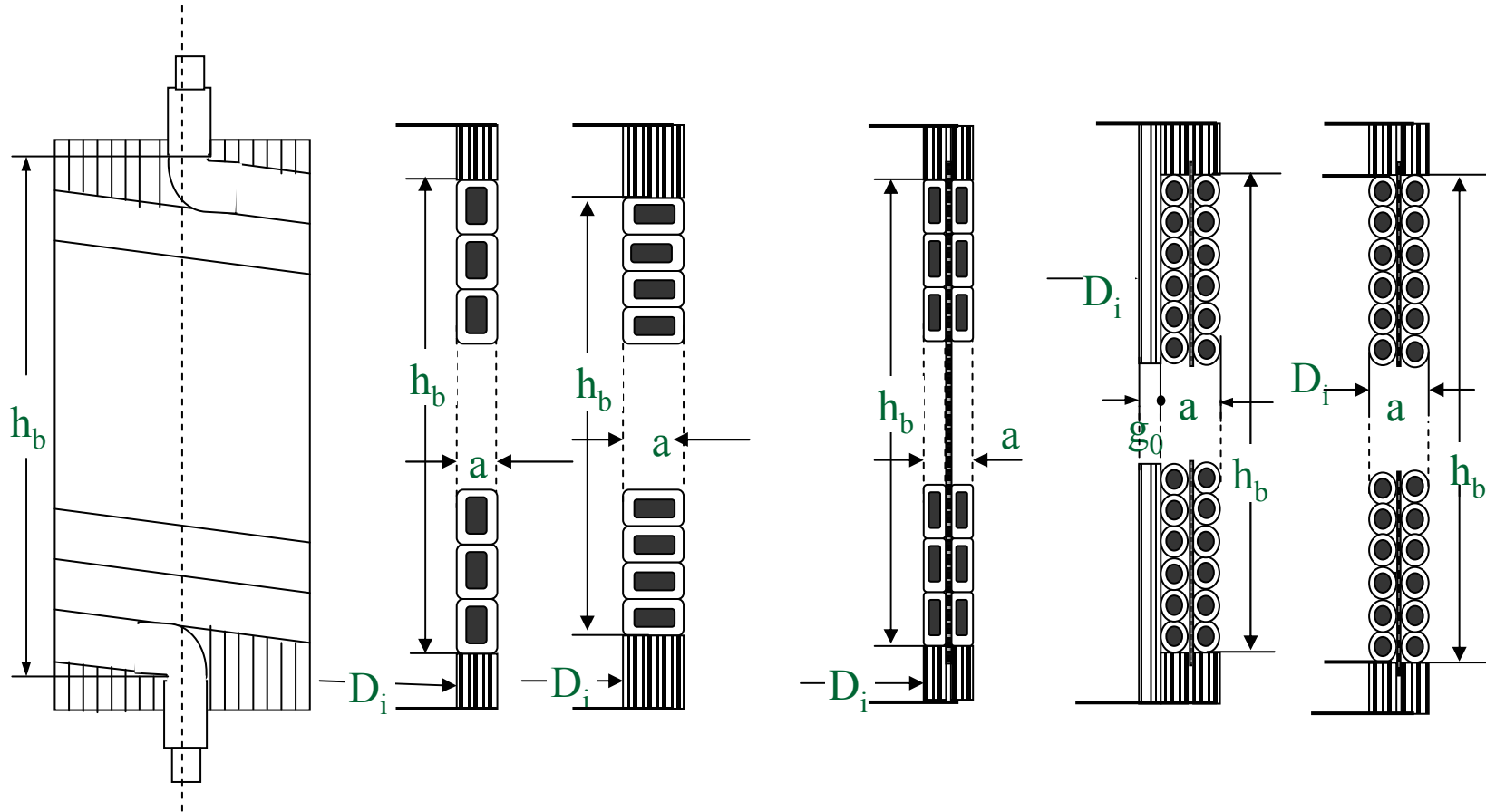
Înfășurări în **galeți**

Înfășurări **stratificate** cu canale

Înfășurări stratificate fără canale - cea mai mică suprafață de răcire



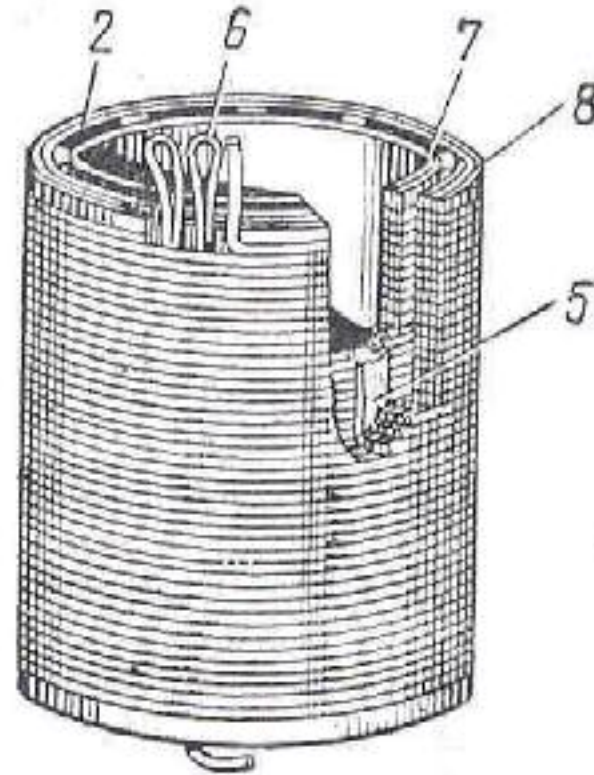
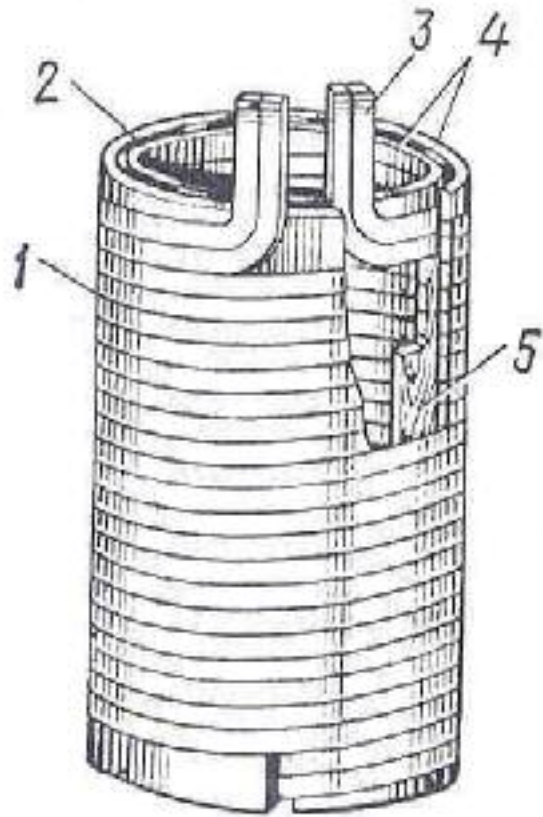
Înfășurări cilindrice și stratificate



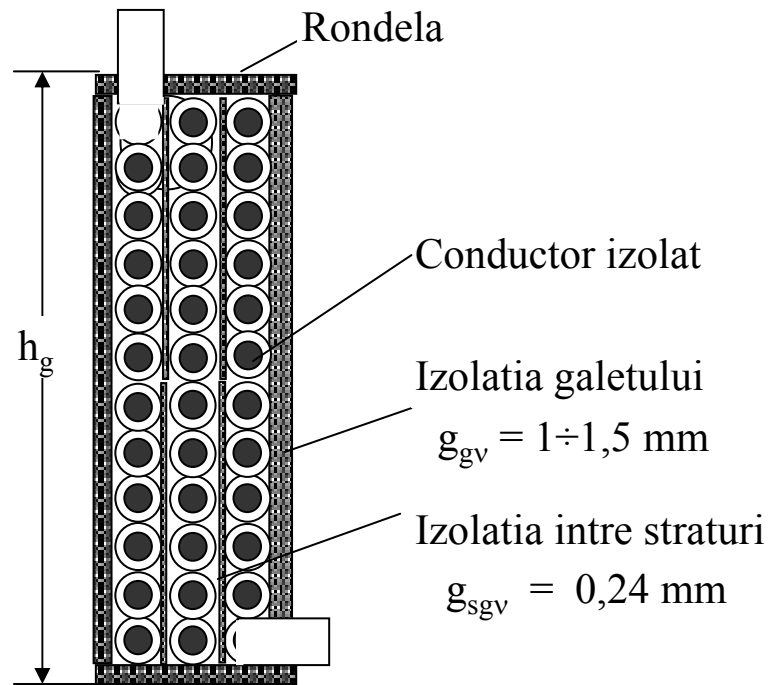
Înfășurare cilindrică într-un strat

Înfășurare cilindrică în dublu strat

Înfășurări stratificate

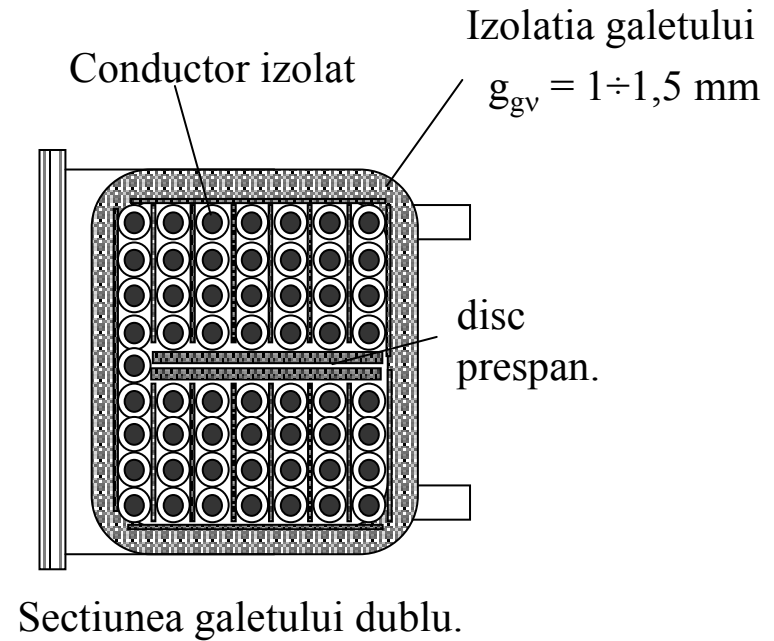


Galetul simplu și dublu



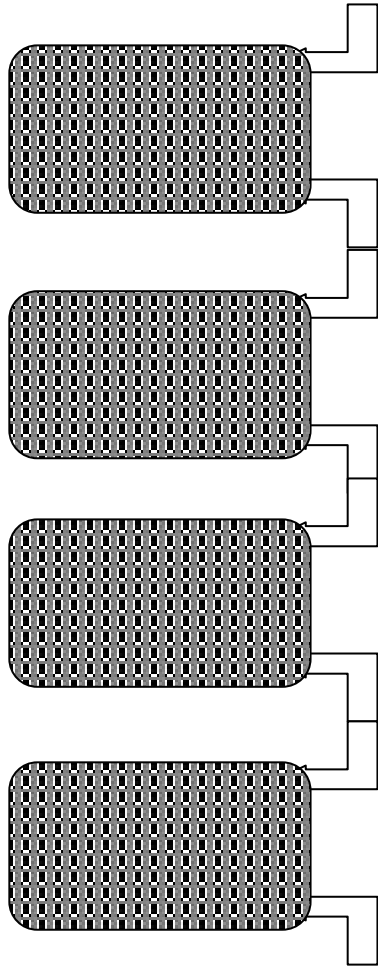
Sectiunea galetului simplu

Număr impar de straturi

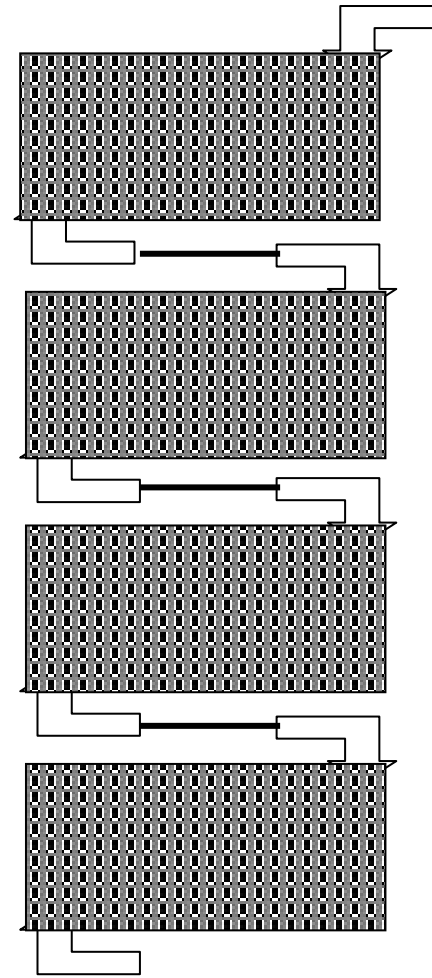


Număr impar de straturi

Legarea în serie a galeților



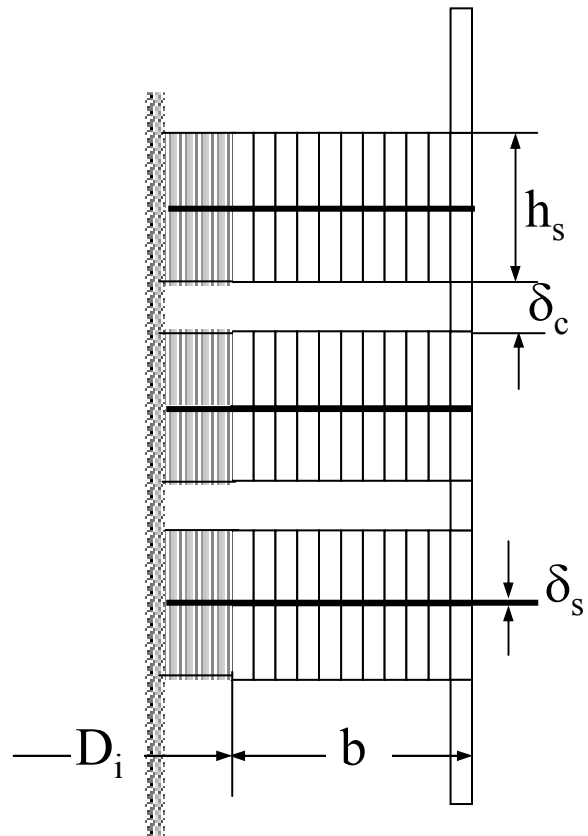
Galeți dubli



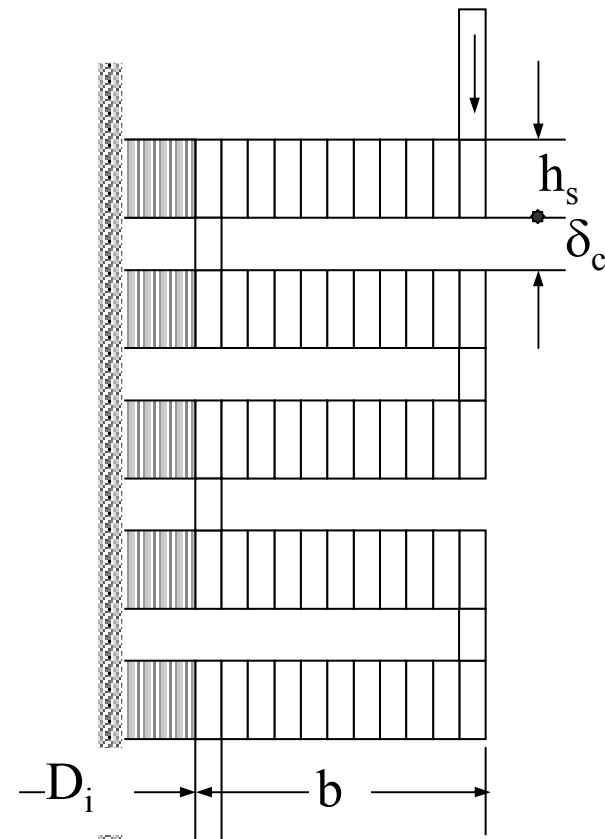
Galeți simpli



Înfășurări continue în galeți



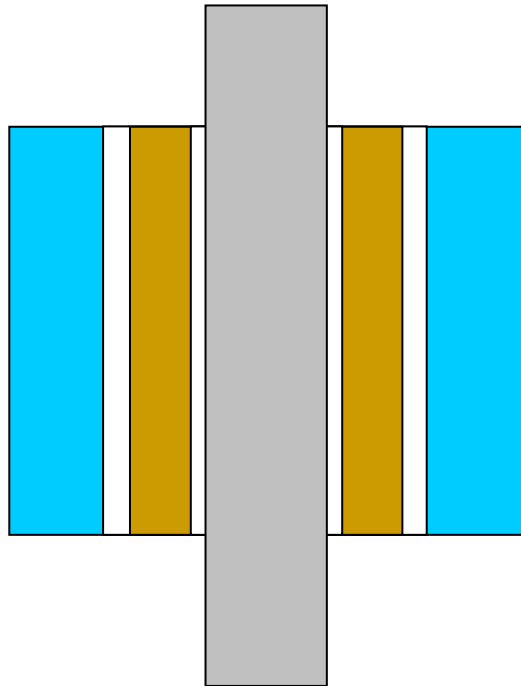
Cu canale din 2 în 2 galeți



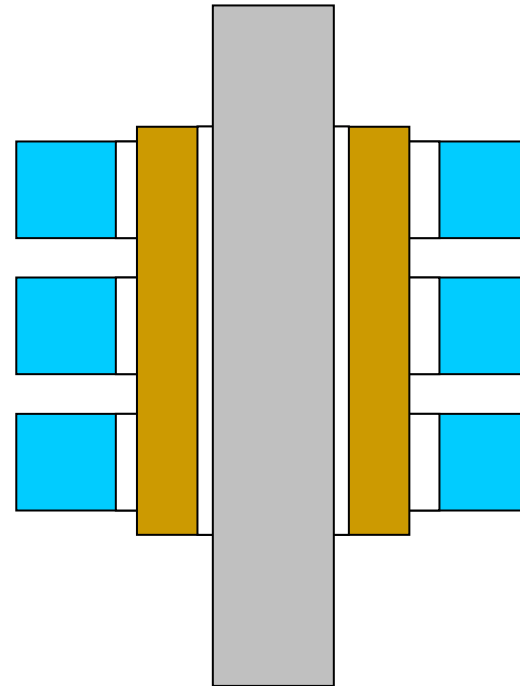
Canale după fiecare galet



Așezarea înfășurărilor pe coloană

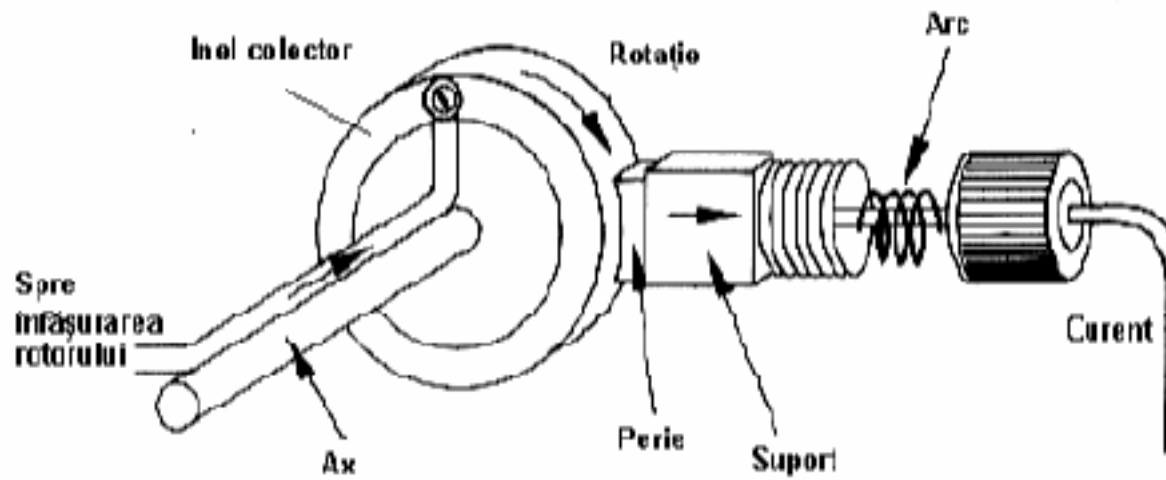
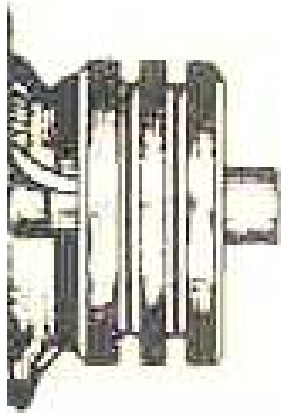


Așezare concentrică



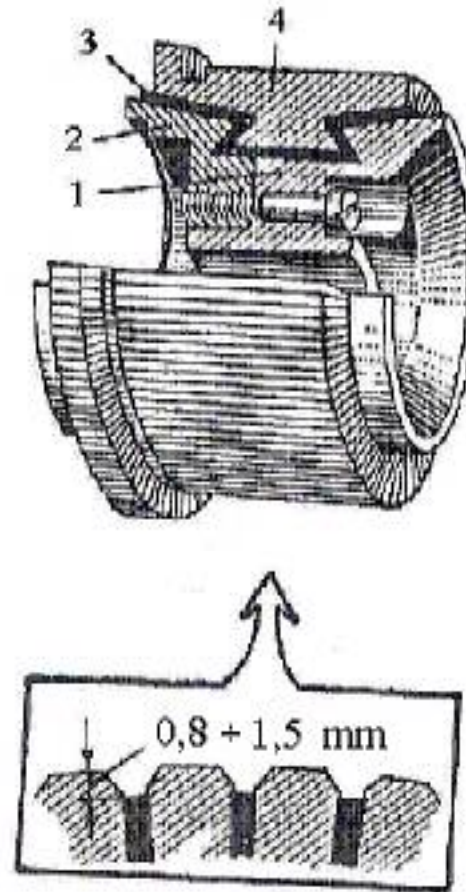
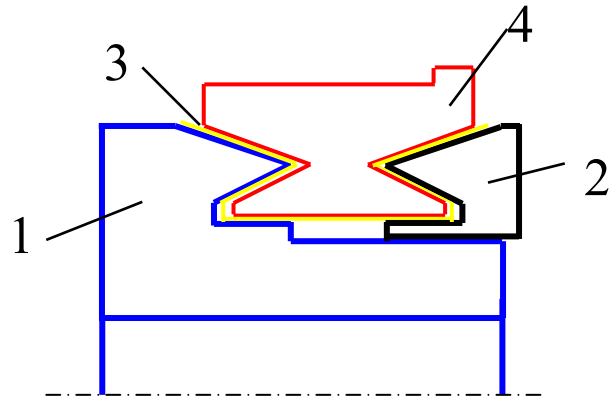
Așezare alternativă

Inele de contact-perii



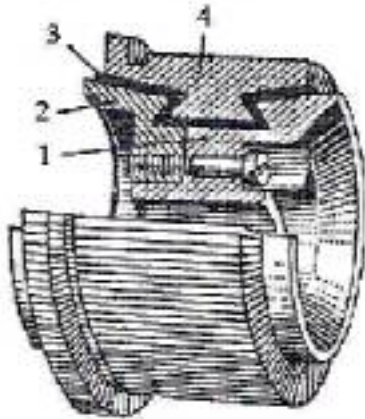
Colectorul

Număr lamele colector K

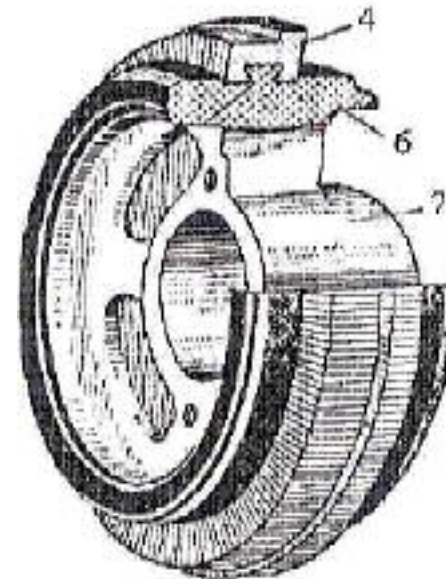
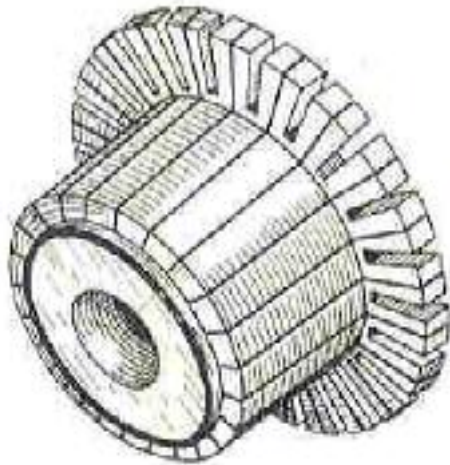


- 1.- butuc- fier
- 2.- piuliță specială-fier
- 3.- izolația- mică,micanită
- 4.- lamelă de colector- cupru electrolitic
- 5.- izolația dintre lamele

Colector



- 1.- butuc- fier
- 2.- piuliță specială-fier
- 3.- izolația- mică,micanită
- 4.- lamelă de colector- cupru electrolitic
- 5.- izolația dintre lamele
- 6.- butuc
- 7.- roata cu spițe



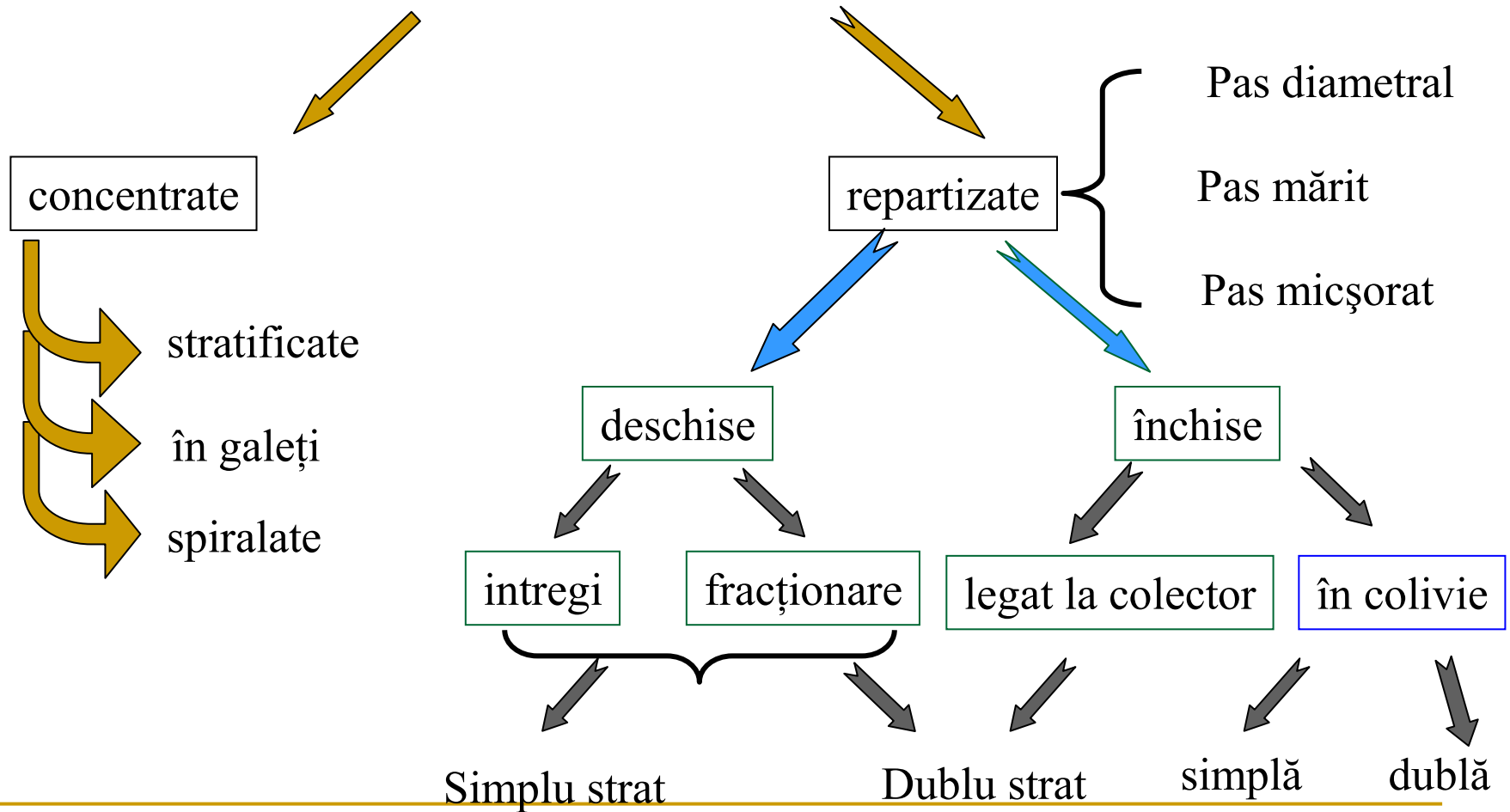
Clasificarea înfășurărilor

Criterii de clasificare :

- ❑ după funcția îndeplinită
 - indus
 - inductor
- ❑ după forma constructivă
 - concentrată
 - repartizată
- ❑ după accesibilitate
 - deschisă
 - închisă
- ❑ după numărul de straturi
 - simplu strat
 - dublu strat
- ❑ după deschiderea bobinei
 - diametral
 - scurtat, mărit

Clasificarea înfășurărilor

Clasificarea înfășurărilor după forma constructivă



Infășurări concentrate

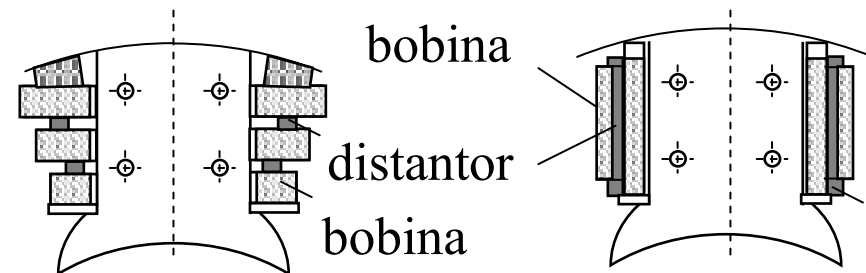
Toate spirele înfășurării sunt străbătute de același flux, față de câmp au aceeași poziție.

Domeniul de folosire : transformatoare,
poli aparenti .

Sunt plasate pe miezuri magnetice

Modul de realizare în funcție de pierderile și disiparea căldurii

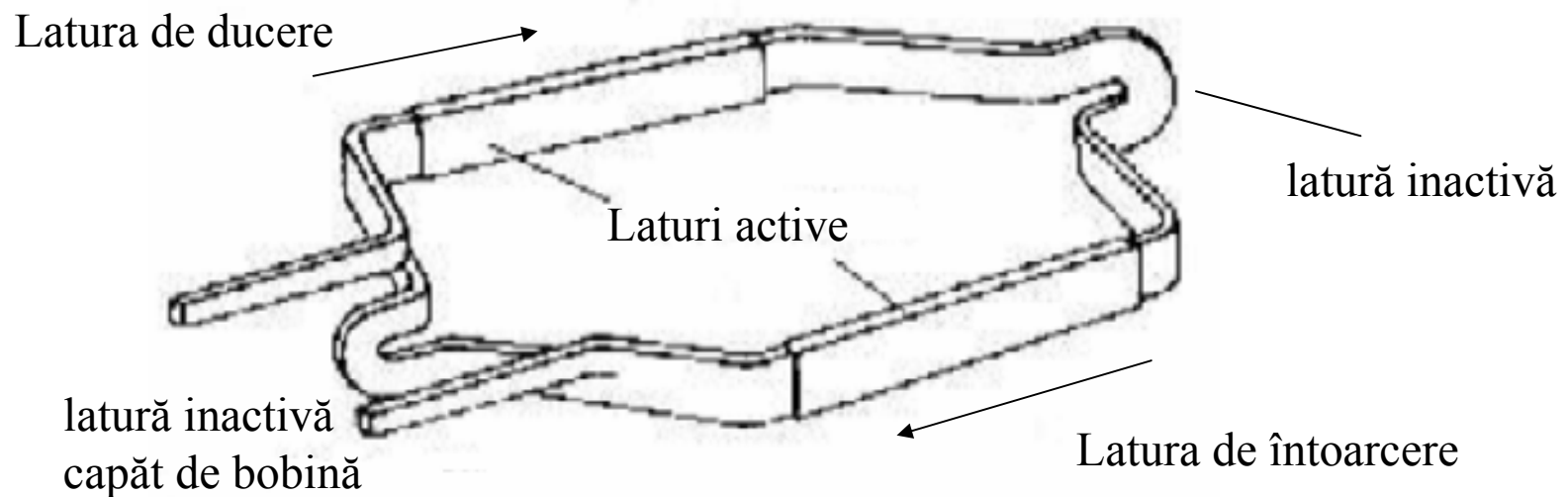
- un singur strat
- mai multe straturi
- in galeti
- spiralat.



Infășurări repartizate. Definiții.

Rezultă prin înserierea unor bobine elementare sau secții, plasate în crestături, care sunt străbătute de fluxuri diferite, având poziții diferite în spațiu.

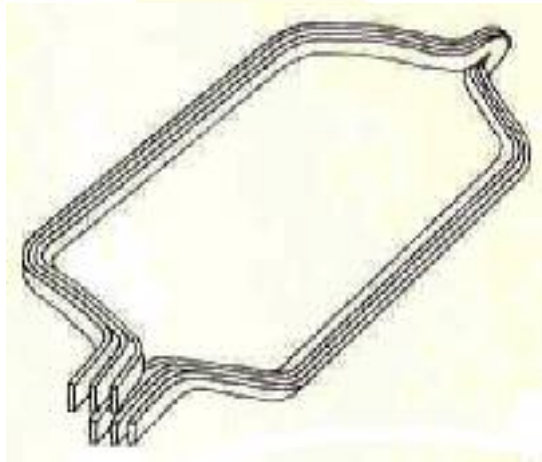
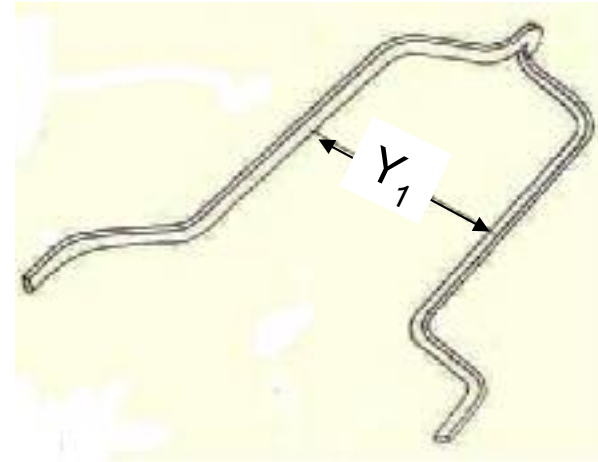
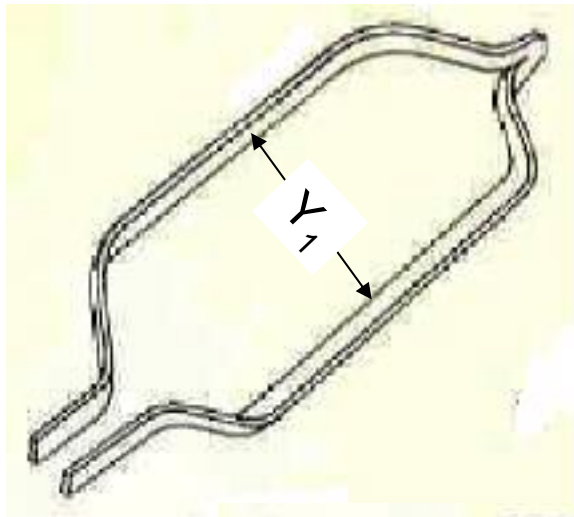
bobina elementară rezultă prin înserierea unor spire, care au aceeași dimensiune și formă.



Bobină cu două spire

Tipuri de spire,secții

O spiră realizată din bare

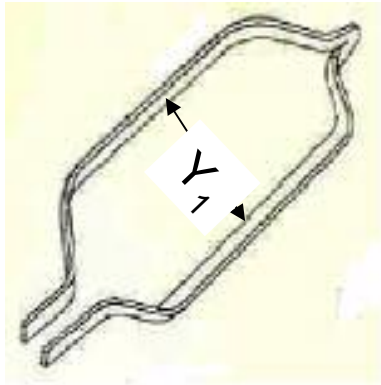


3 spire sau secții în paralel.

Deschiderea bobinei

Deschiderea bobinei sau **primul pas** se exprimă în număr de creștături

Reprezintă distanța măsurată în număr de creștături dintre laturile active, de ducere și de întoarcere a unei bobine.



Pasul polar

$$Y_1 \text{ [creștături]} = n.i.$$

$$Y_1 = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p} \pm \varepsilon$$

$$\tau = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p}$$

N_{cr} – număr total
creștături

p – număr perechi
de poli,

ε – număr subunitar

Deschiderea raportată:

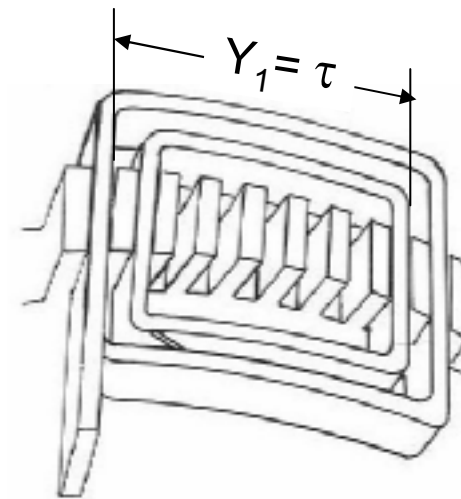
$$y_1 = \frac{Y_1}{\tau}$$

Deschiderea bobinei

Deschiderea raportată:

$$y_1 = \frac{Y_1}{\tau}$$

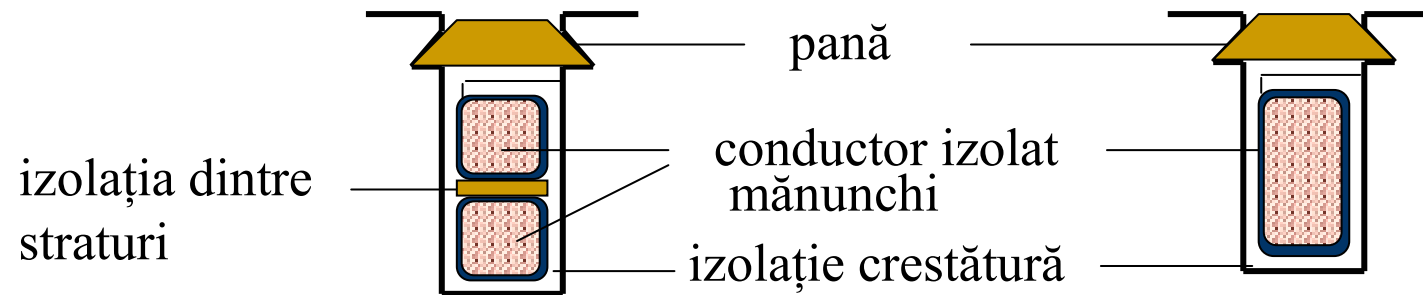
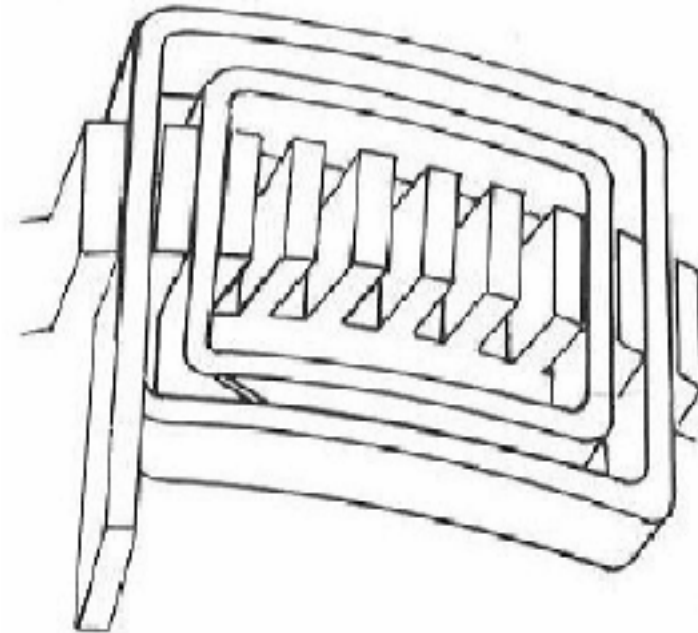
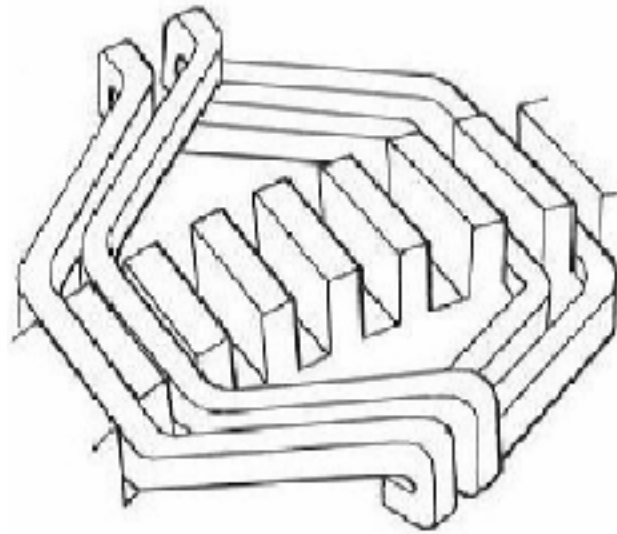
Dacă : $y_1 = 1$ pas diametral,
 $y_1 < 1$ pas scurtat,
 $y_1 > 1$ pas mărit.



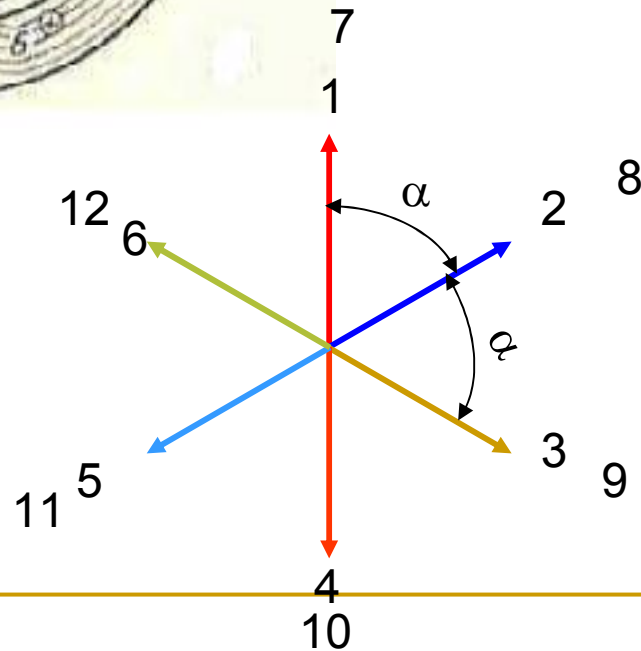
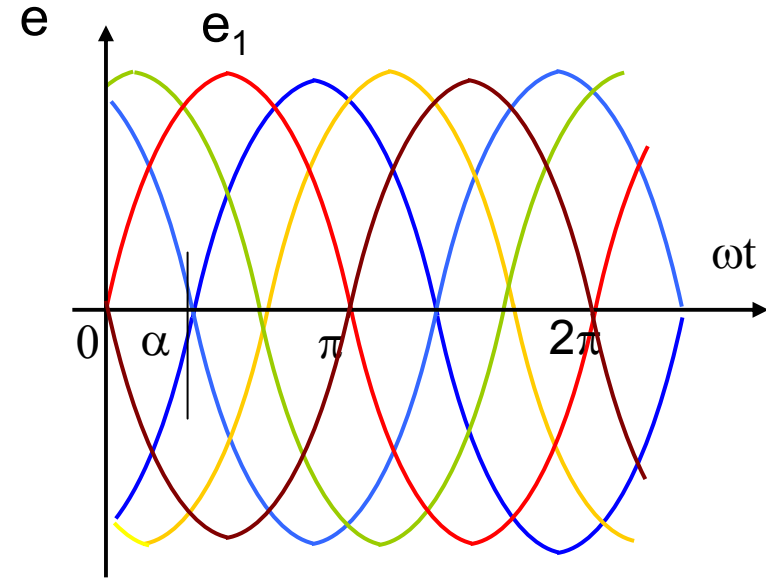
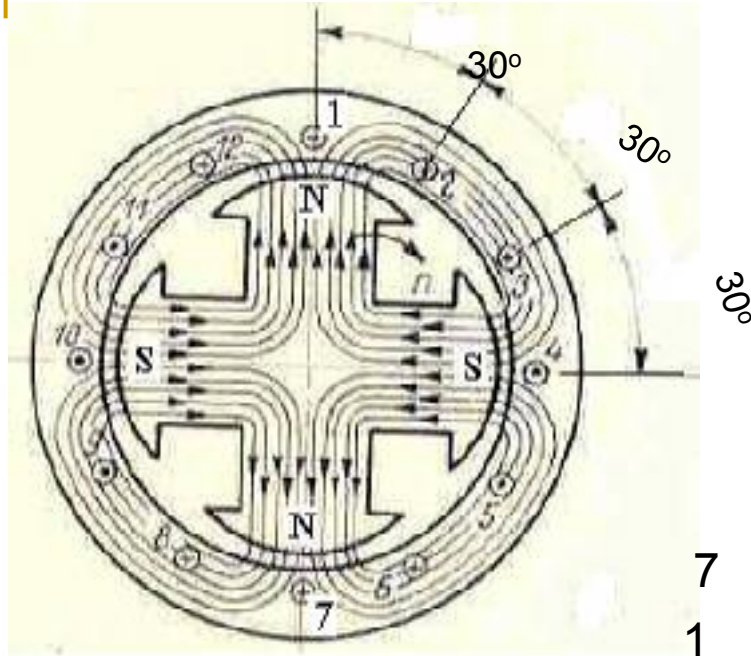
Observație:

la înfășurările deschise într-un singur strat deschiderea fizică a bobinei, secției poate diferi de deschiderea calculată, care în acest caz este egală cu pasul polar.

Înfășurări repartizate în simplu și dublu strat



Steaua tensiunilor electromotoare



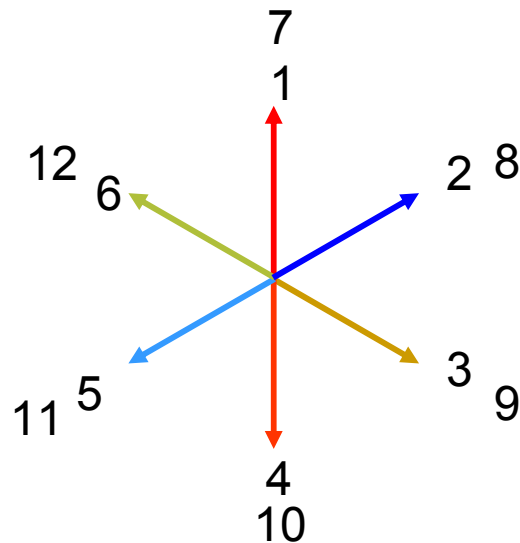
$$\alpha_d = p \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N_{cr}}$$

Număr raze suprapuse = div $[N_{cr}, p]$

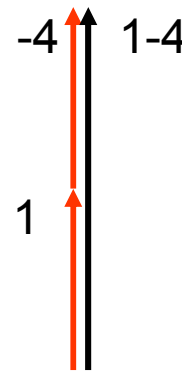
t.e.m. induse în bobină, secție

T.e.m. indusă în bobină, secție se obține prin însurarea vectorială a tensiunii laturilor de bobină, secție.

$$\tau = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p} = \frac{12}{2 \cdot 2} = 3$$

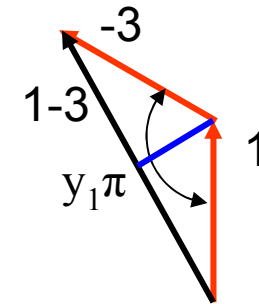


$$Y_1 = \tau = 3$$



$$\tau \neq Y_1 = 2$$

$$y_1 = \frac{Y_1}{\tau} = \frac{2}{3}$$

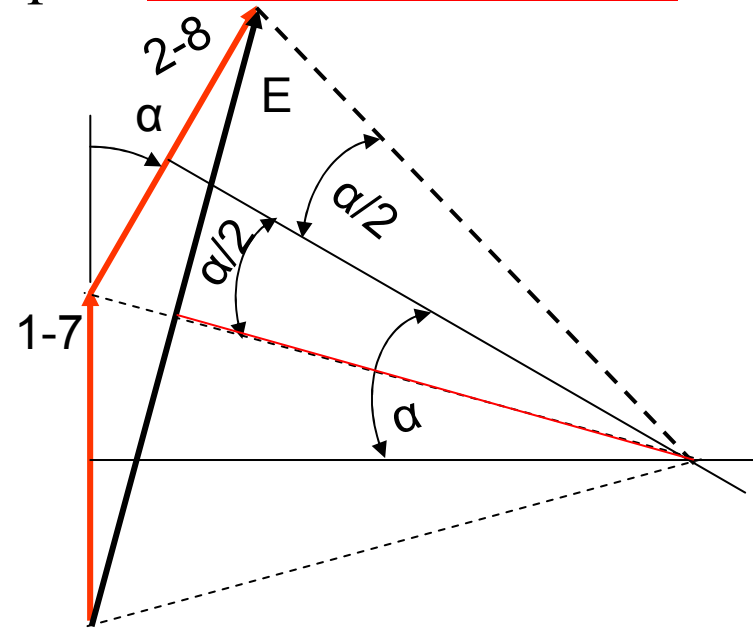
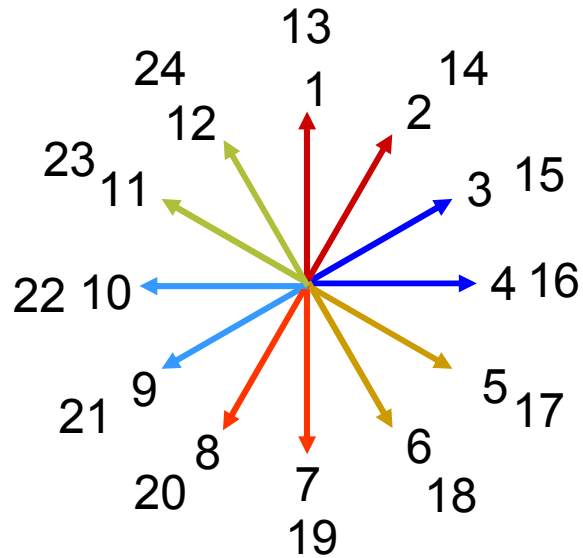


t.e.m. se micșorează cu **factorul de scurtare**.

$$k_y = \frac{E_{Y_1}}{E_\tau} = \sin\left(y_1 \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

T.e.m. indusă în înfășurare

T.e.m. indusă în înfășurare se obține prin însurarea vectorială a tensiunii bobinelor.



T.e.m. rezultantă pentru $q = n.i.$ bobine înseriate este micșorată.

factorul de zonă.

$$k_q = \frac{E}{\sum E_b} = \frac{\sin\left(q \frac{\alpha_d}{2}\right)}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}}$$

Factorul de înfășurare

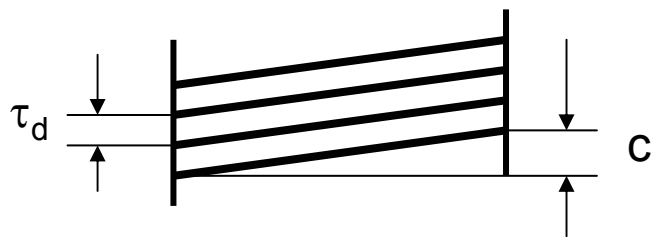
Factorul de scurtare :

$$k_y = \frac{E_{Y_1}}{E_\tau} = \sin\left(y_1 \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

Factorul de zonă : $k_q = \frac{E}{\sum E_b} = \frac{\sin\left(q \frac{\alpha_d}{2}\right)}{q \cdot \sin \frac{\alpha_d}{2}}$

Factorul de inclinare:

$$k_i = \frac{\sin\left(\frac{c}{\tau} \cdot \frac{\pi}{2}\right)}{\frac{c}{\tau} \cdot \frac{\pi}{2}}$$

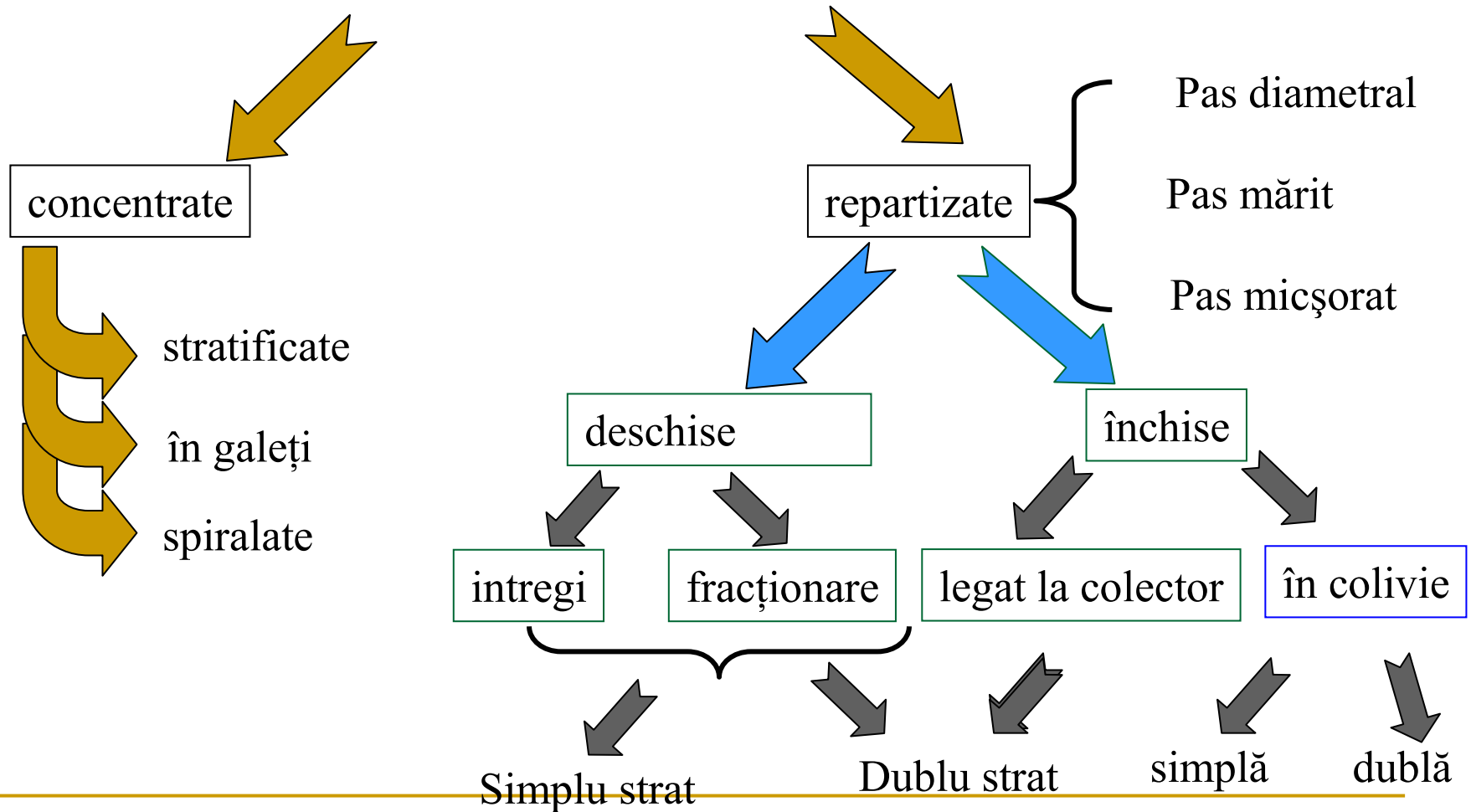


Factorul de înfășurare:

$$k_b = k_y \cdot k_q \cdot k_i$$

Clasificarea înfășurărilor

Clasificarea înfășurărilor după forma constructivă



Înfășurări deschise

se realizează pentru :

m - faze,

$2p$ - poli

în N_{cr} - creștături și

n_s - straturi pe creștătura

Numărul de creștături

$$N_c = 2 \cdot p \cdot m \cdot q$$

q - număr de creștături pe pol și fază.

$$q = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p \cdot m}$$

Înfășurări deschise

Clasificarea înfășurărilor deschise :

După n_s (nr.straturi):
 $n_s = 1$ într-un strat
 $n_s = 2$ dublu strat

După q (nr.crestături pe pol și fază): $q = n.i.$ întreg
 $q \neq n.i.$ fracționar

Condiția de simetrie : număr de bobine pe fază identice

$$N_{bf} = \frac{N_{cr} \cdot n_s}{2 \cdot m} = n.i.$$



$$p \cdot q \cdot n_s = n.i.$$

Observație : Nu se poate executa o înfășurare simetrică pentru orice număr de crestături, sau pentru orice valoare fracționară a lui q .

Exemplu. înfășurare trifazată într-un strat

Pe o armătură cu 24 crestături o înfășurare trifazată într-un strat pentru patru poli.

$$N_{cr} = 24, \quad m = 3, \quad 2p = 4, \quad n_s = 1,$$

Rezultă :

$$q = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p \cdot m} = \frac{24}{2 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{24}{12}$$

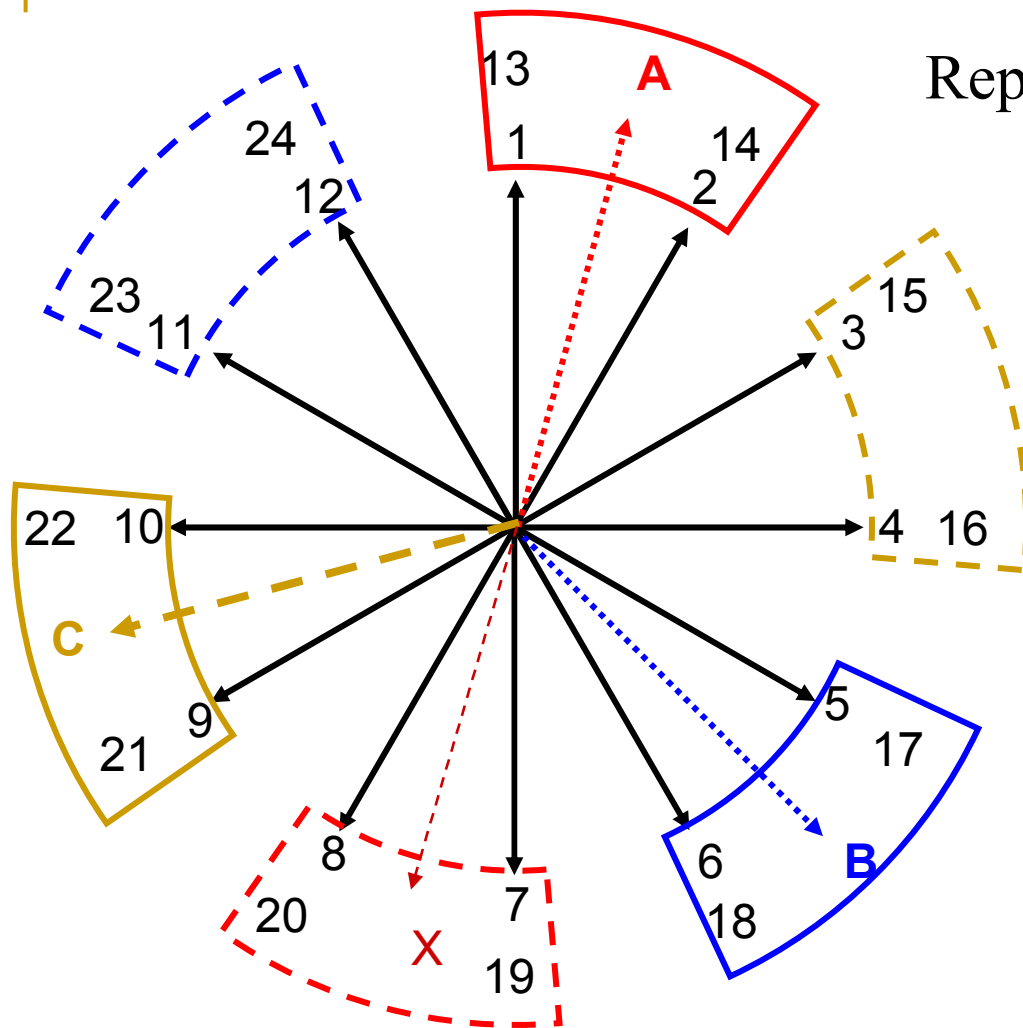
$q = 2$ întreg Pasul polar $\tau = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p} = \frac{24}{4} = 6$

Unghiul dintre razele stelei t.e.m.

$$\alpha = p \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N_{cr}} = 2 \cdot \frac{360}{24} = 30^\circ$$

Divizor (N_{cr} , p) = 2 vor fi 2 raze suprapuse

Steaua t.e.m. la exemplul considerat



Repartizarea creștăturilor pe faze:

1 -Se formează grupuri N_{raze} cu rezultanta maximă,

$$N_{raze} = \frac{N_{cr}}{2 \cdot m} = 4$$

2 -primul grup 1,2,13,14- faza **A** laturi de ducere,

3 -Laturi de întoarcere - faza **A**- grupul 7,8,19,20 cu rezultanta **X** maximă și în opoziție cu **A**

4 -grupul 5,6,17,18 –faza **B** – Laturi de ducere cu rezultanta maximă și defazată cu $2\pi/m$ față de faza **A**

5 -se repetă de la punctul 3.

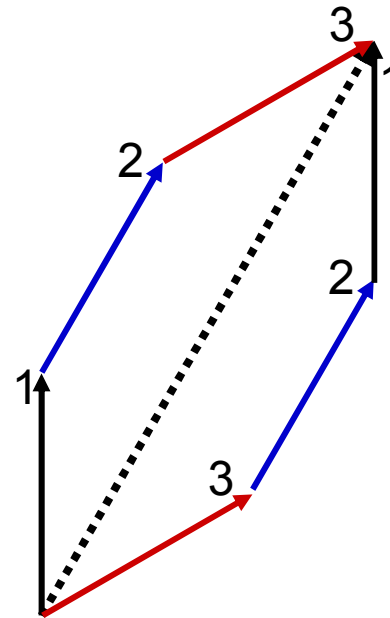
Formarea bobinelor.

O bobină este formată din două mănunchiuri parcurse în sensuri opuse, care se găsesc la distanța $Y_1 \sim \tau$.

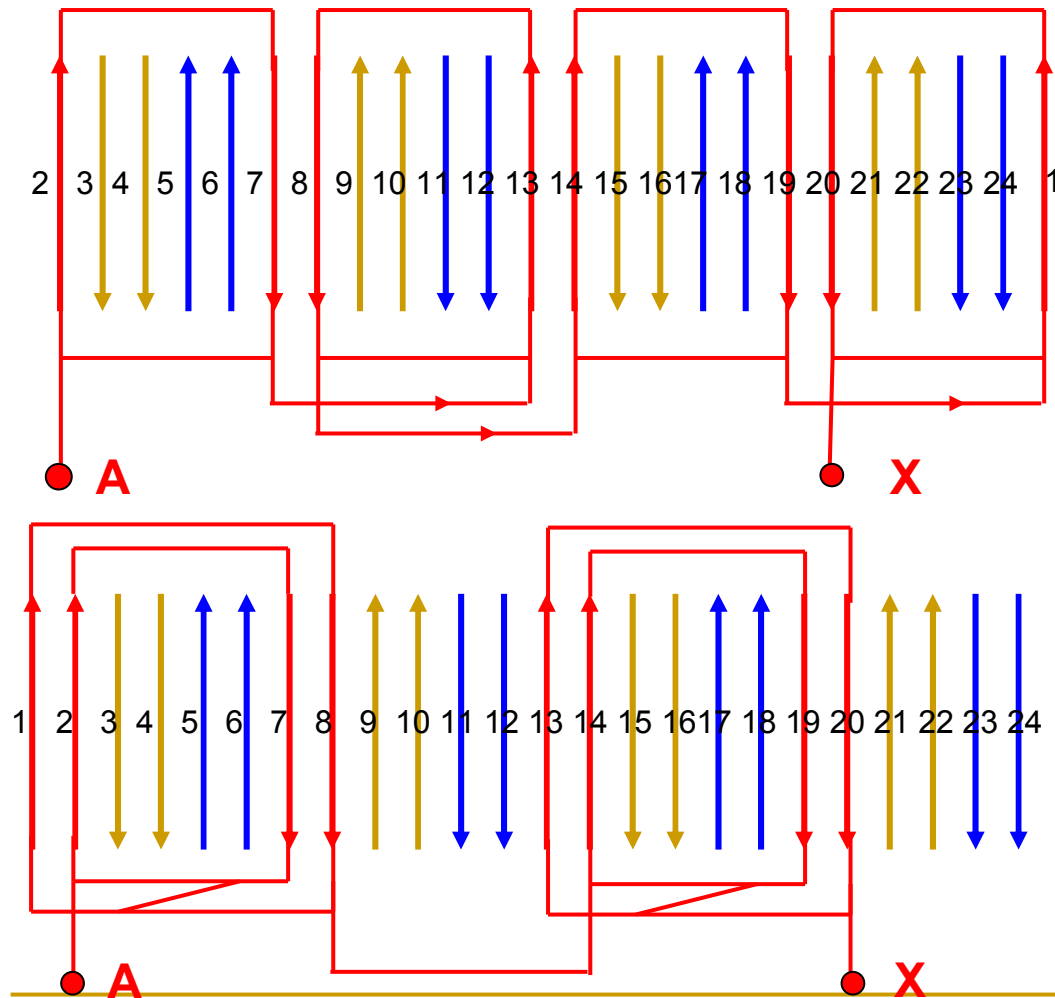
Nu contează ordinea de însumare.

Se leagă mănunchiuri mai apropiate pentru a micșora lungimea capetelor de bobină.

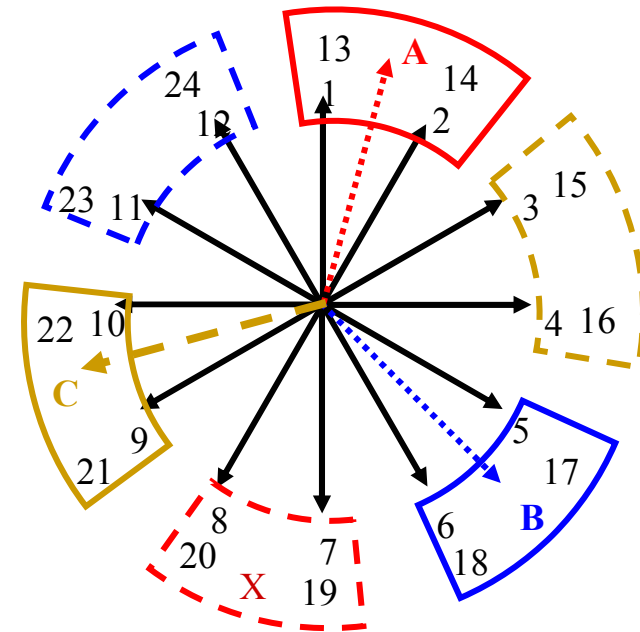
Sunt posibile multe variante de legare, care dau diverse forme de capete de bobine.



Schema desfășurată a înfășurării fracționare într-un strat

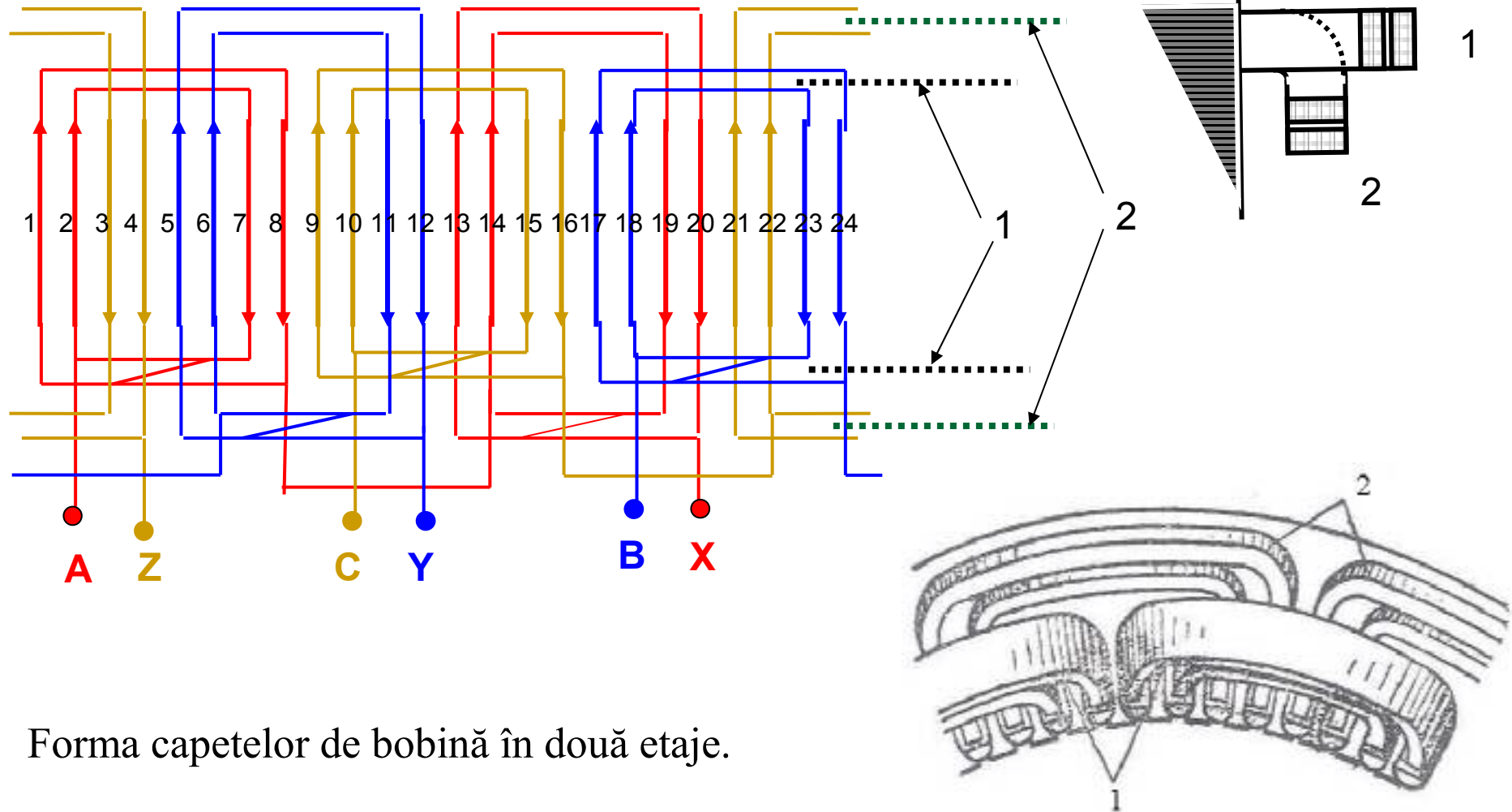


Bobine egale



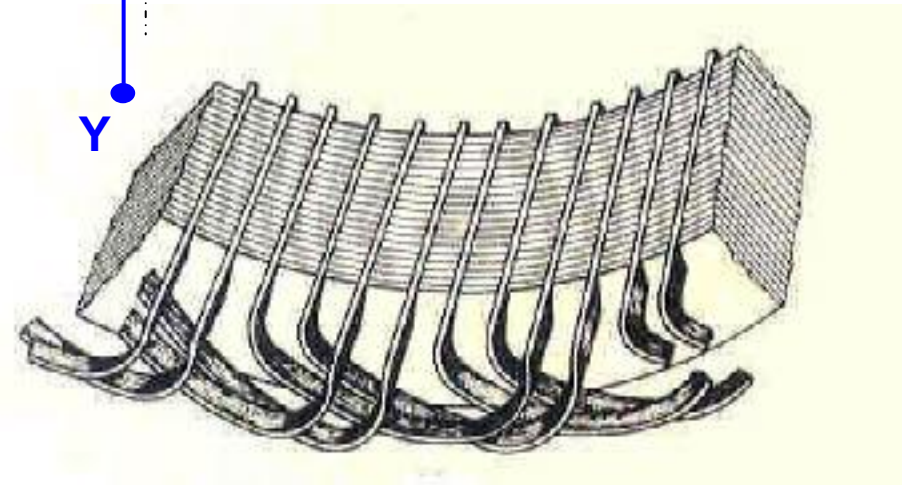
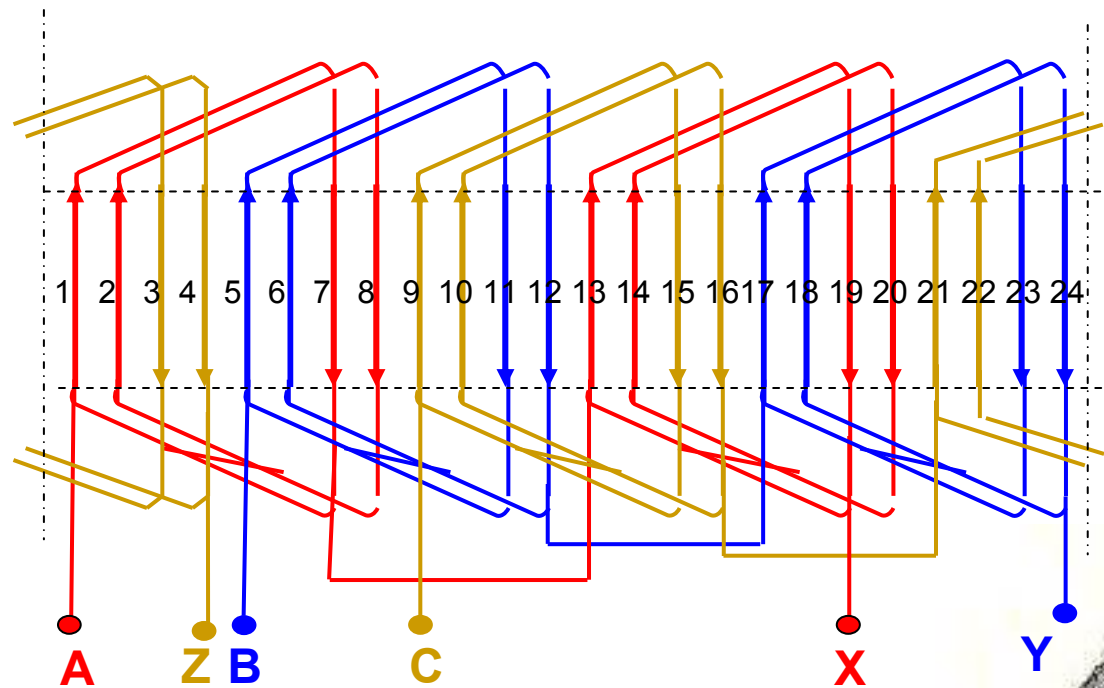
Bobine inegale concentrice

Înfășurare într-un strat cu bobine inegale cu capete de bobină în două etaje.

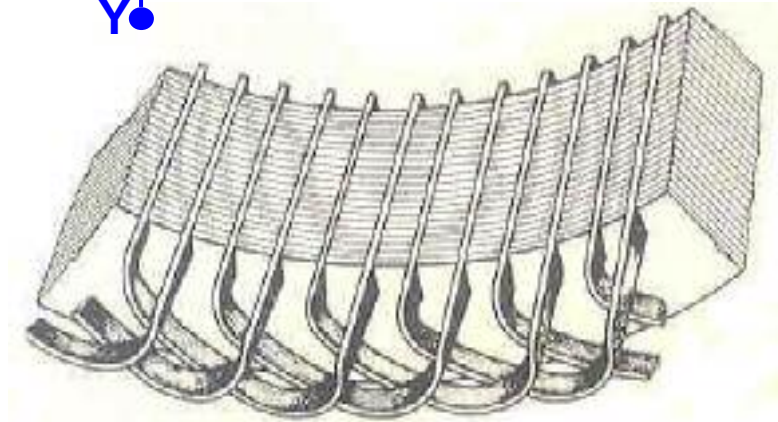
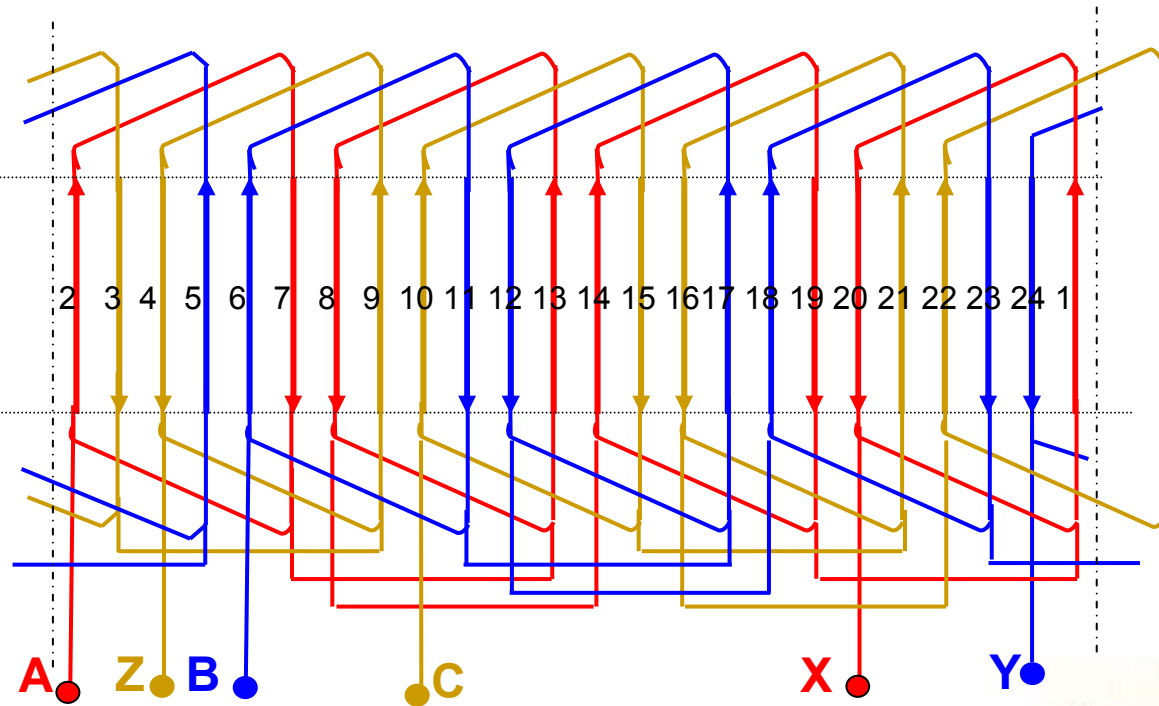


Forma capetelor de bobină în două etaje.

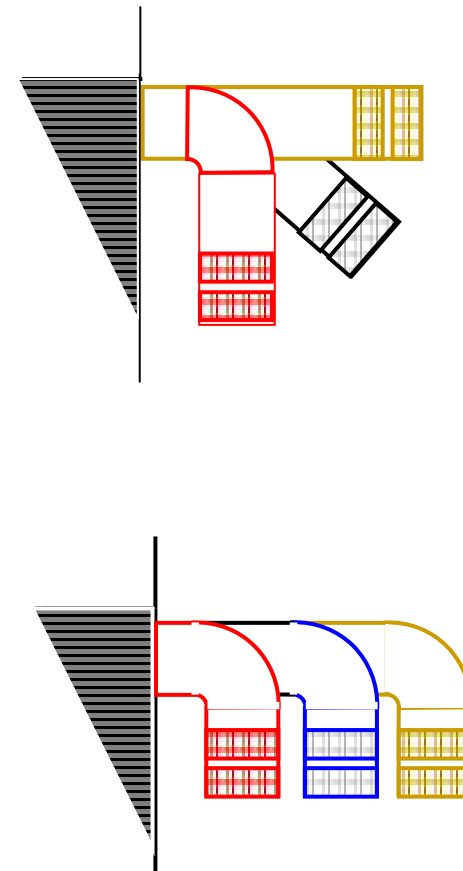
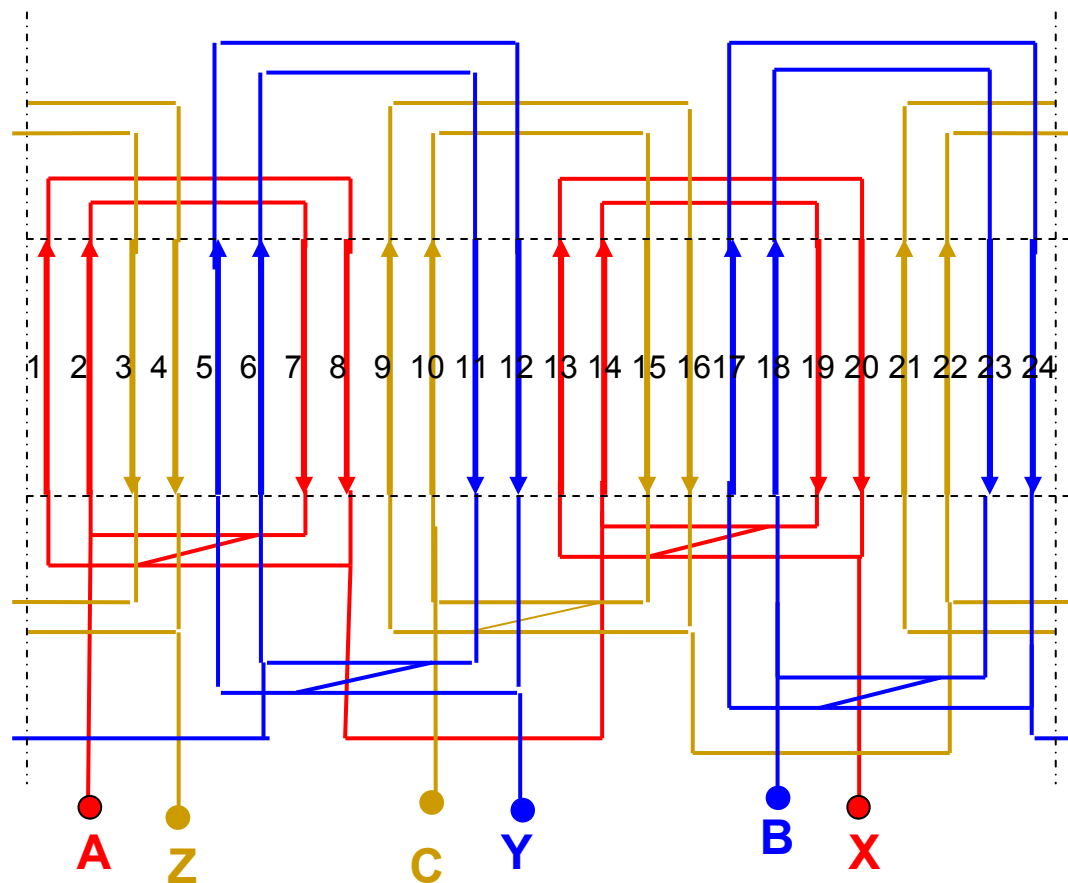
Înfășurare într-un strat cu bobine egale cu capete de bobină în formă de evolventă



Înfășurare într-un strat cu bobine egale trapezoidale



Înfășurare într-un strat cu bobine inegale concentrice și capetele în trei etaje.



Exemplu. înfășurare trifazată în dublu strat

Pe o armătură cu 24 crestături o înfășurare trifazată în dublu strat cu deschiderea $Y_1 = 5$ crestături pentru patru poli.

$$N_{cr} = 24, \quad m = 3, \quad 2p = 4, \quad n_s = 2, \quad Y_1 = 5$$

$$\text{Rezultă : } q = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p \cdot m} = \frac{24}{2 \cdot 2 \cdot 3} = \frac{24}{12}$$

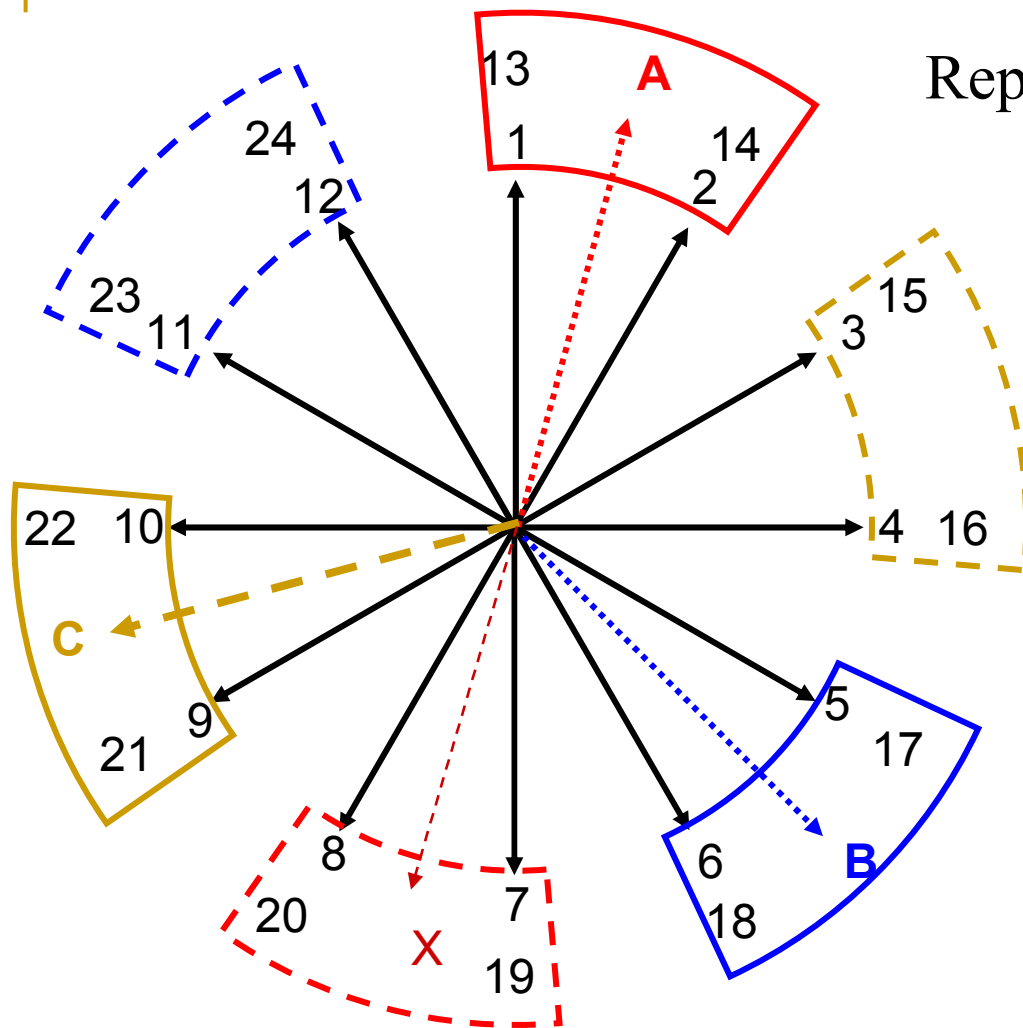
$$q = 2 \text{ întreg} \quad \text{Pasul polar} \quad \tau = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p} = \frac{24}{4} = 6$$

Unghiul dintre razele stelei t.e.m.

$$\alpha = p \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N_{cr}} = 2 \cdot \frac{360}{24} = 30^\circ$$

Divizor (N_{cr} , p) = 2 vor fi 2 raze suprapuse

Steaua t.e.m. la exemplul considerat



Repartizarea creștăturilor pe faze:

1 -Se formează grupuri N_{raze} cu rezultanta maximă,

$$N_{raze} = \frac{N_{cr}}{2 \cdot m} = 4$$

2 -primul grup 1,2,13,14- faza **A** laturi de ducere,

3 -Laturi de întoarcere - faza **A**- grupul 7,8,19,20 cu rezultanta **X** maximă și în opoziție cu **A**

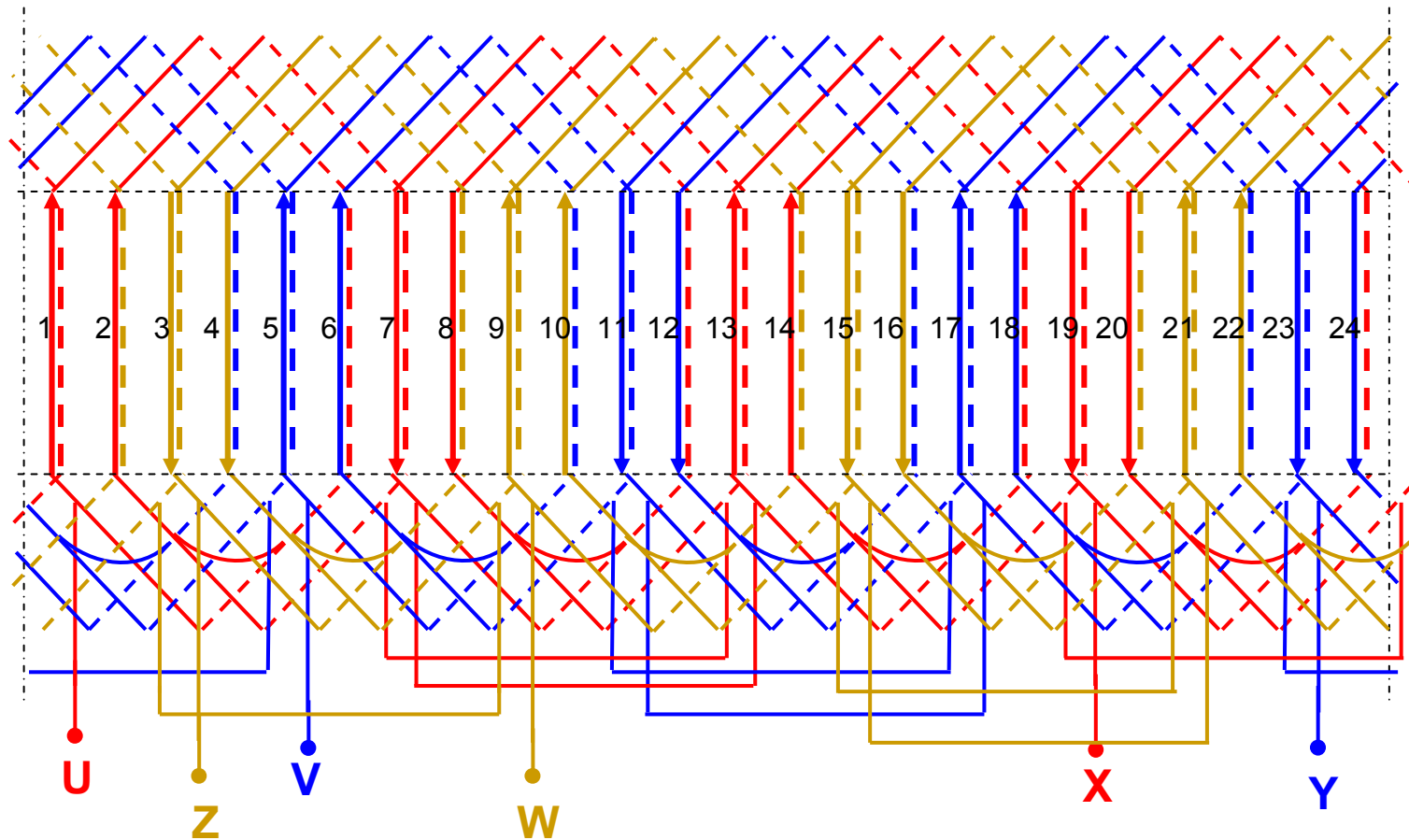
4 -grupul 5,6,17,18 –faza **B** – Laturi de ducere cu rezultanta maximă și defazată cu $2\pi/m$ față de faza A

5 -se repetă de la punctul 3.

Schema desfășurată a înfășurării în dublu strat.

Se repartizează numai stratul superior stratul inferior rezultă cunoscând deschiderea bobinei. $Y_1 = 5$ crestături.

$$y_1 = \frac{5}{6}$$



Exemplu. Înfășurare fracționară

Pe o armătură cu 24 crestături o înfășurare trifazată într-un strat pentru șase poli.

$$N_{cr} = 24, \quad m = 3, \quad 2p = 6, \quad n_s = 1,$$

$$\text{Rezultă : } q = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p \cdot m} = \frac{24}{2 \cdot 3 \cdot 3} = \frac{24}{18}$$

$q = 4/3$ fracționară dar $p \cdot q \cdot n_s = 4 = n_i$.

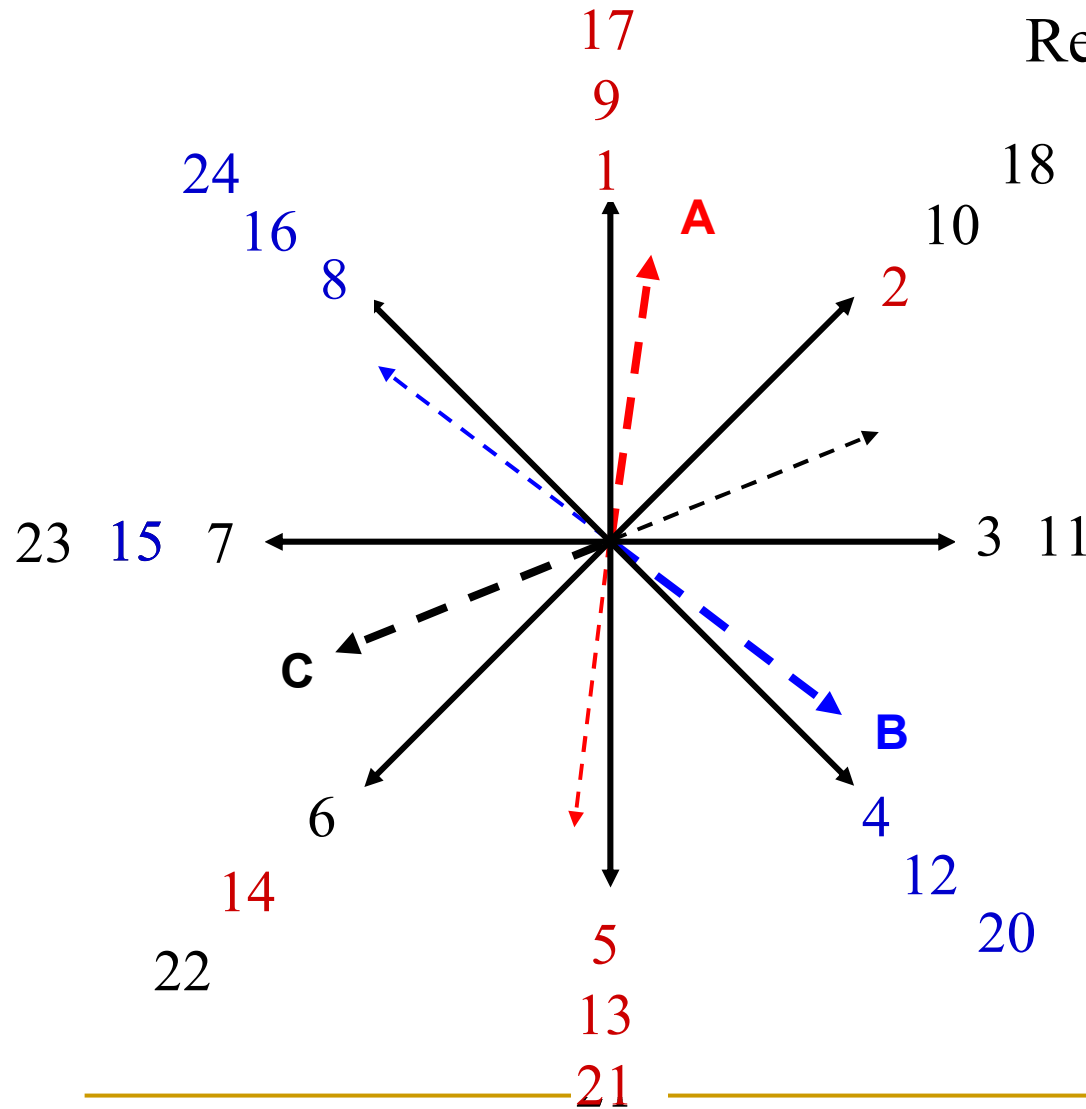
$$\text{Pasul polar} \quad \tau = \frac{N_{cr}}{2 \cdot p} = \frac{24}{6} = 4$$

Unghiul dintre razele stelei t.e.m.

$$\alpha = p \cdot \frac{2 \cdot \pi}{N_{cr}} = 3 \frac{360}{24} = 45^\circ$$

Divizor (N_{cr} , p) = 3 vor fi 3 raze suprapuse

Steaua t.e.m. la exemplul considerat



Repartizarea creștăturilor pe faze:

1 -Se formează grupuri N_{raze} cu rezultanta maximă,

$$N_{raze} = \frac{N_{cr}}{2 \cdot m} = 4$$

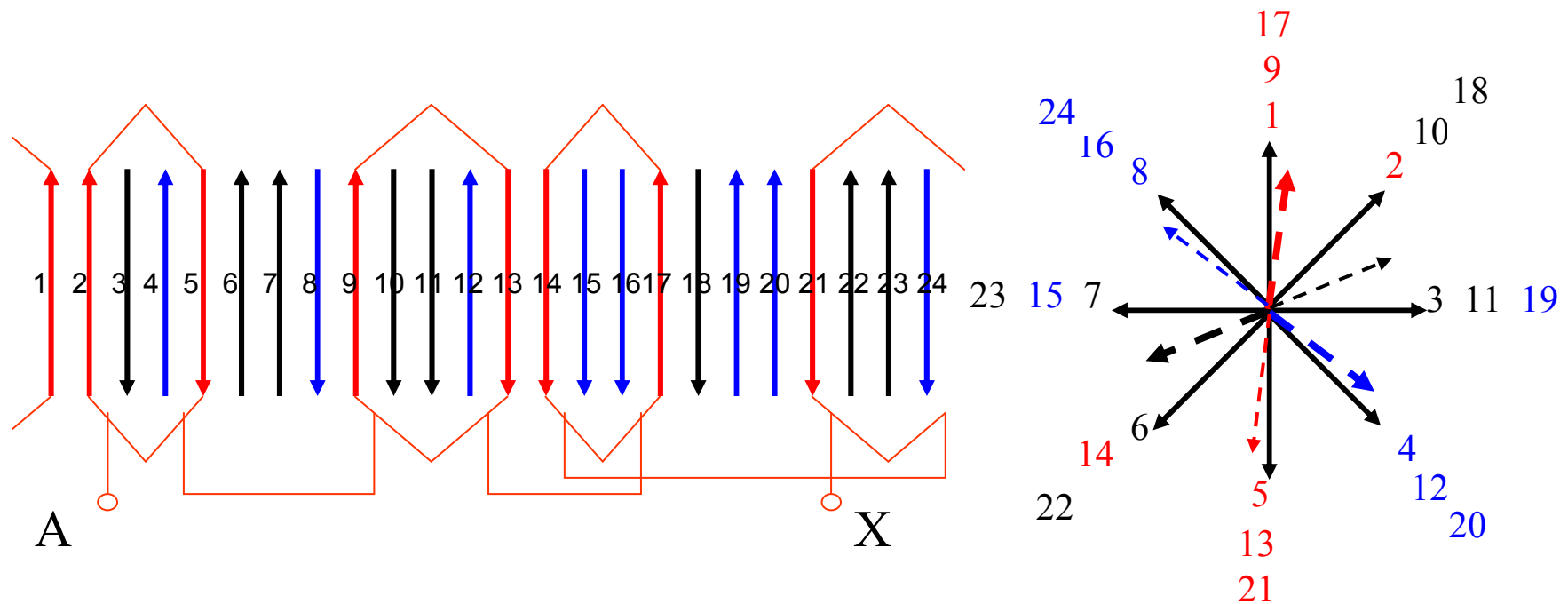
2 -primul grup 1,2,9,17- faza **A** laturi de ducere,

3 -Laturi de întoarcere - faza **A**- grupul 5,13,14,21 cu rezultanta **X** maximă și în opoziție cu **A**

4 -grupul 4,12,19,20 –faza **B** – Laturi de ducere cu rezultanta maximă și defazată cu $2\pi/m$ față de faza A

5 -se repetă de la punctul 3.

Schema desfășurată a înfășurării fracționare într-un strat.



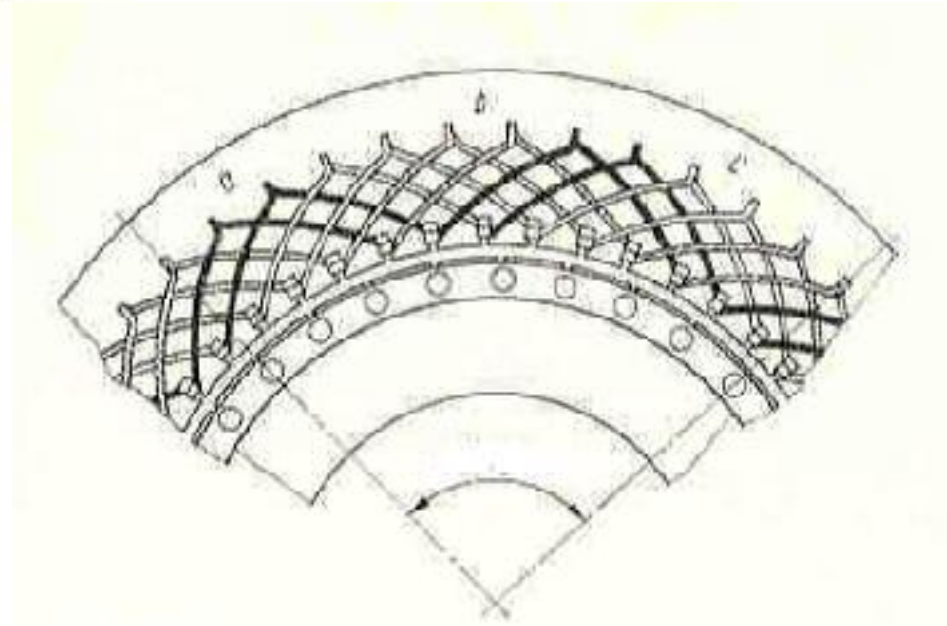
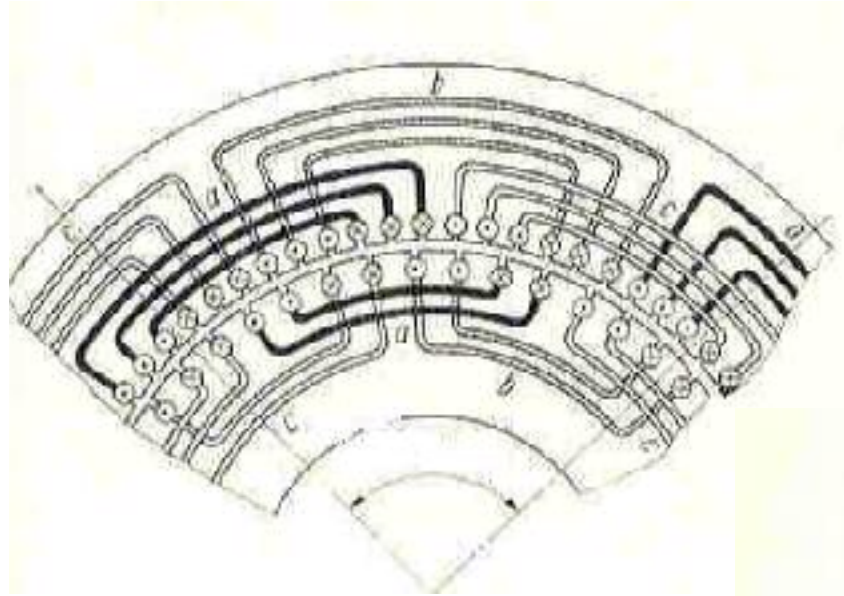
O bobină este formată din două mănunchiuri parcurse în sensuri opuse.

Nu contează ordinea de însumare. Se leagă mănunchiuri mai apropiate pentru a micșora lungimea capetelor de bobină.

Sunt posibile multe variante de legare, care dau diverse forme de capete de bobine.

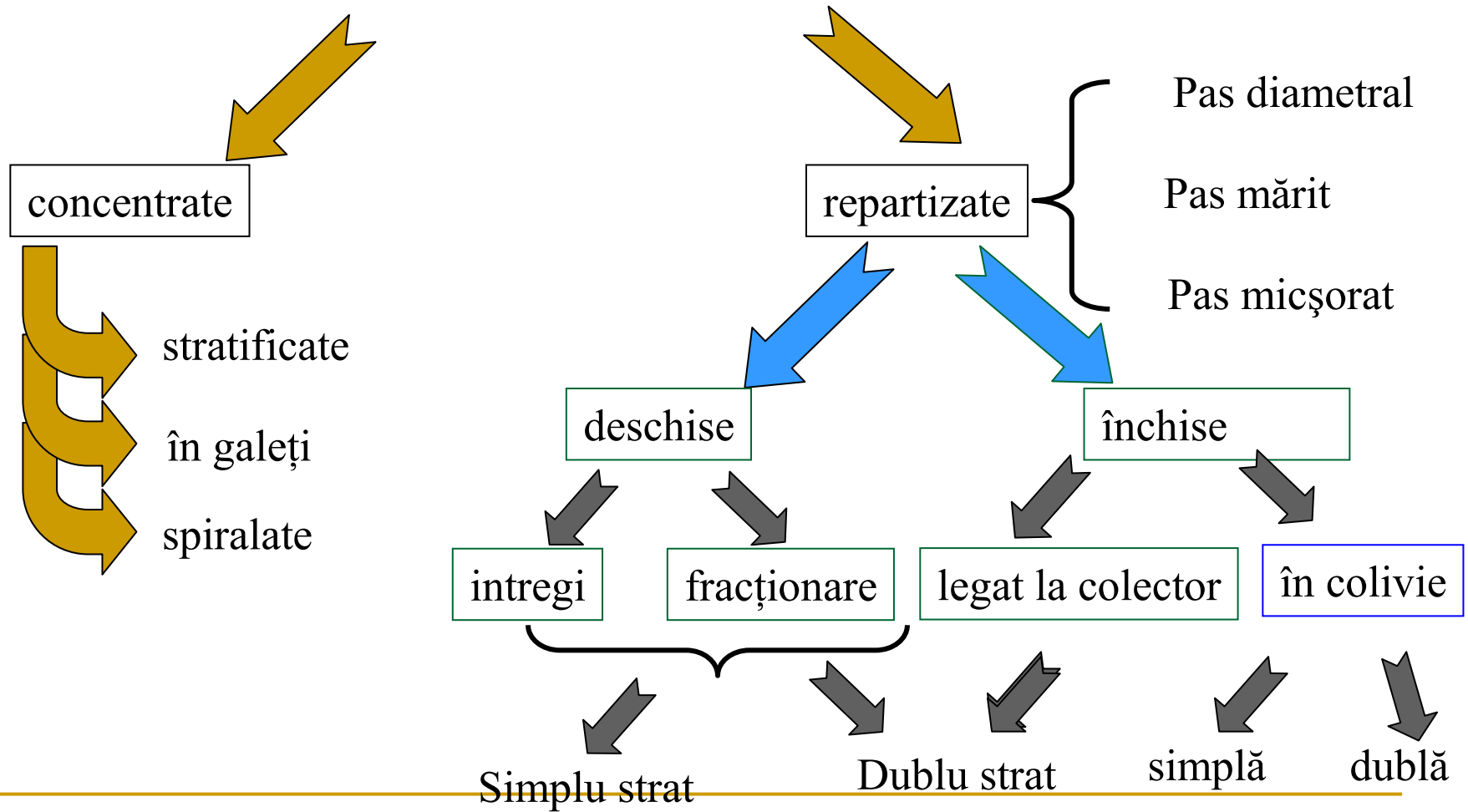
Alte tipuri de scheme ale înfășurărilor.

Scheme radiale



Clasificarea înfășurărilor

Clasificarea înfășurărilor după forma constructivă

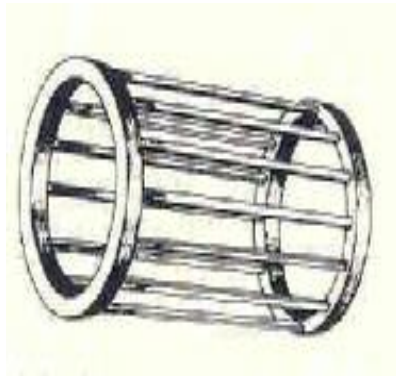


Înfășurări închise

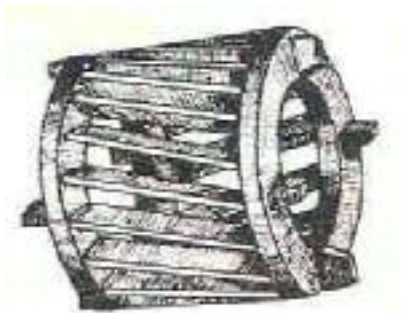
Înfășurări închise : - legate la colector,
 - tip colivie.

Înfășurare tip colivie : bare și inele de scurtcircuitare

Se realizează : prin turnare sub presiune din aluminiu,
din bare sudate sau lipite de inele din cupru.



Colivia din cupru

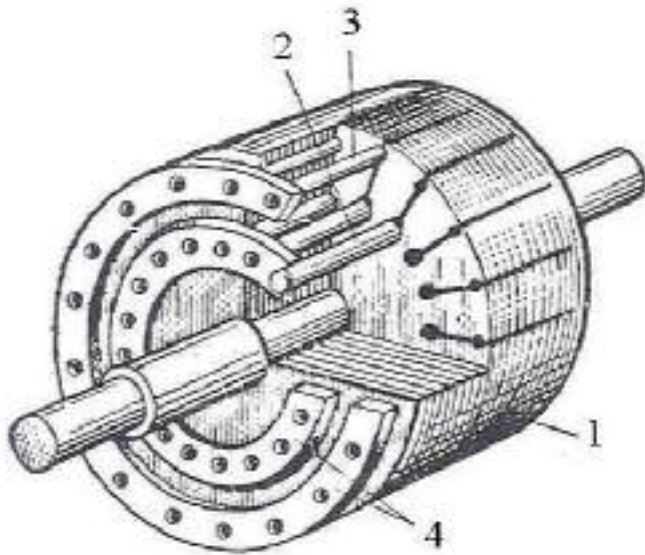


Colivie din aluminiu
cu bare înclinate

Dacă sunt înclinate cu “c”
t.e.m. se micșorează cu
factorul de inclinare.

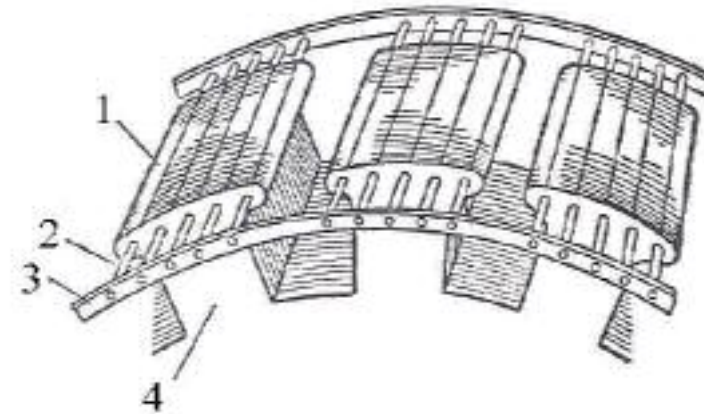
Înfășurare tip colivie

Colivia dublă din cupru



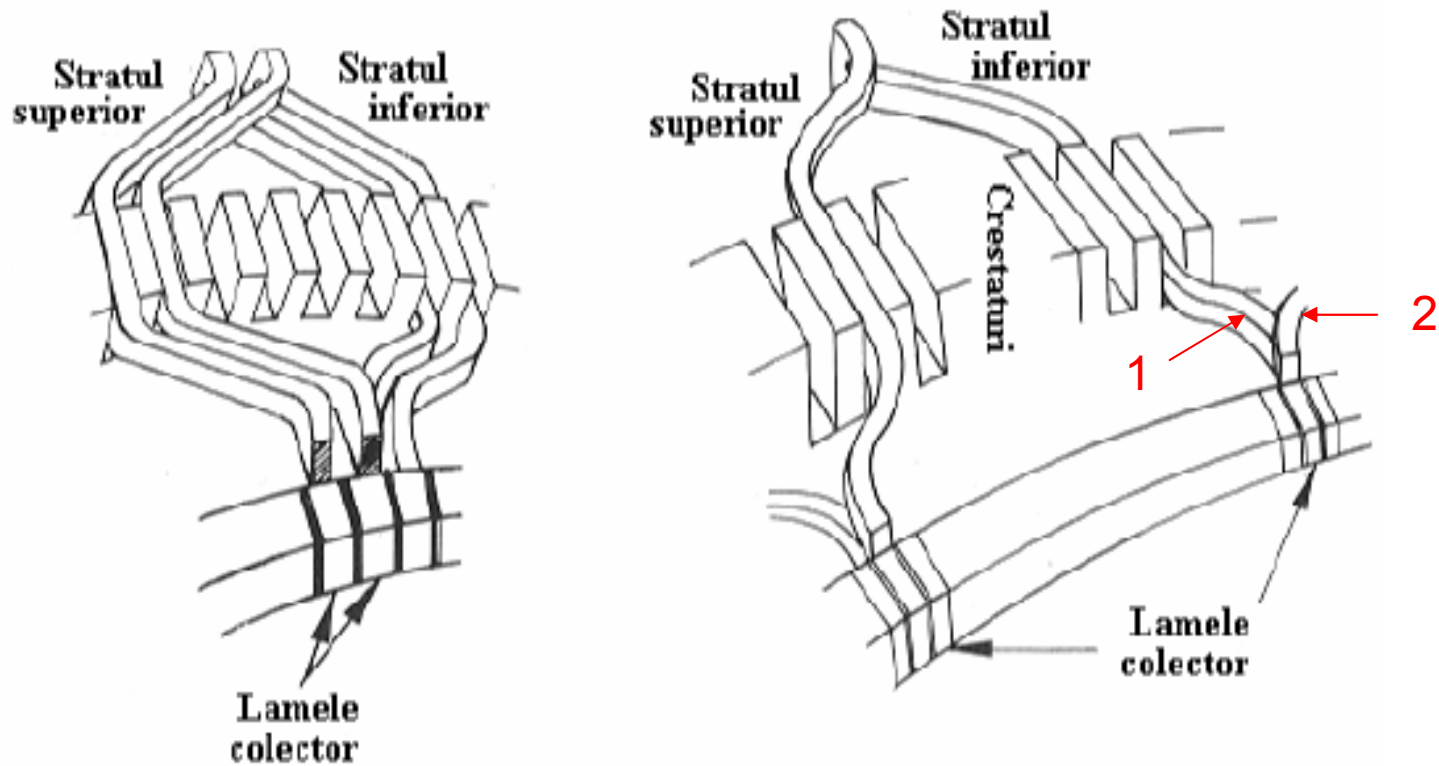
1. Miez din tole
2. Bare interioare
3. Bare exterioare
4. Inele de scurtcircuitare

Colivia nesimetrică din cupru



1. Tole
2. Bare
3. Inelul de scurtcircuitare
4. Polul

Înfășurări închise legate la colector



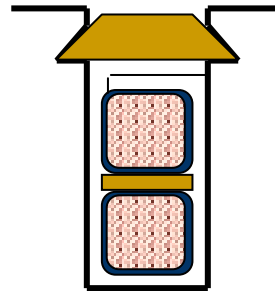
Înfășurarea închisă se execută în **două sau mai multe straturi**.

La fiecare lamelă se leagă două capete de bobine.

Înfășurări închise legate la colector

Număr bobine elementare sau secții $N_b = K$

Crestătură elementară

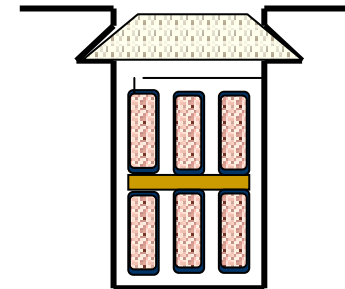


două laturi de bobină

$u = 1$

La mașini mici și foarte mari

$2u$ - laturi de bobine elementare se găsesc într-o crestătură.



$u = 3$

$$N_c \cdot u = K = N_b$$

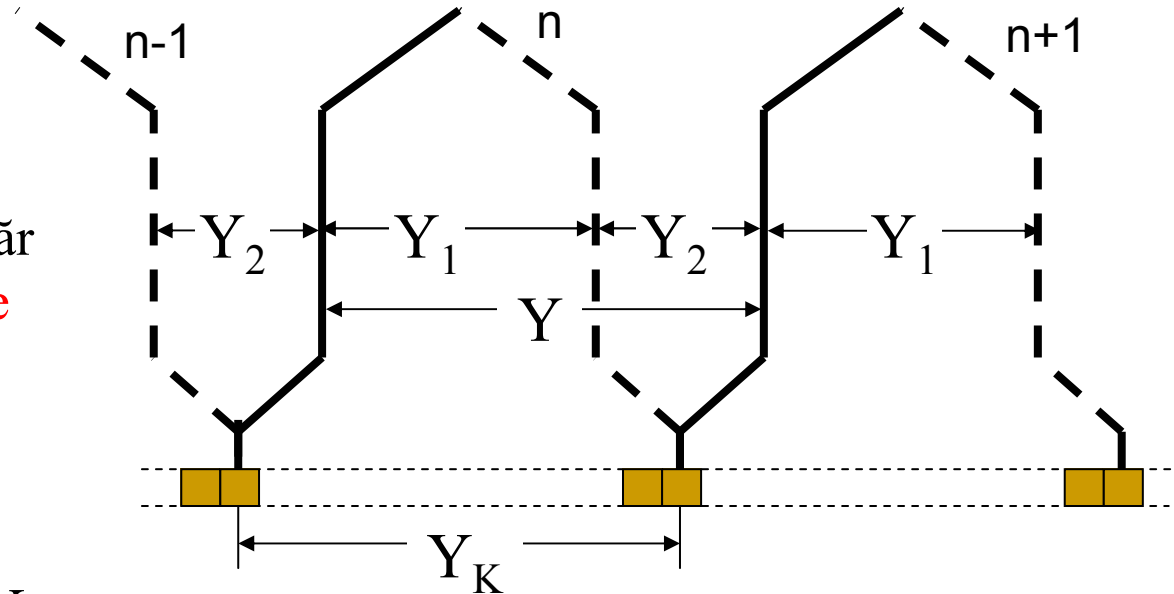
Cale de curent: **totalitatea secțiilor parcurse între două perii de polaritate opuse.**

Numărul căilor de curent este par: $2a$

Pașii înfășurării închise

Deschiderea bobinei
sau **primul pas**

Distanța măsurată în număr de creștături **dintre laturile active, de ducere și de întoarcere a unei bobine.**



Pasul de legătură. Y_2

Distanța măsurată în număr de creștături **între latura de întoarcere a unei bobine și latura de ducere a bobinei următoare.**

Pasul rezultat al înfășurării Y **La colector** Y_k

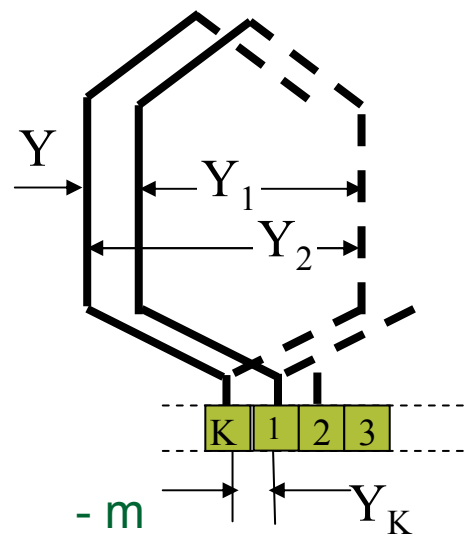
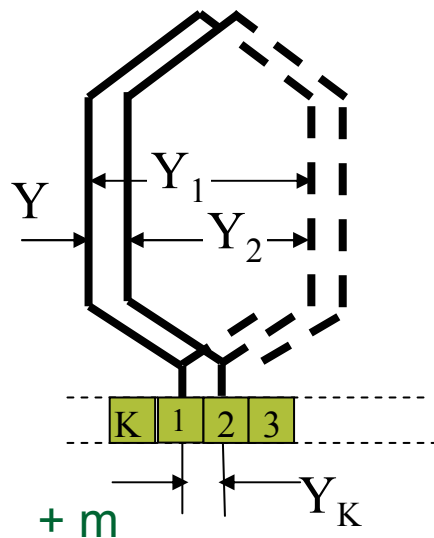
Distanța măsurată în număr de creștături **între laturile de ducere a două bobine consecutive.**

Clasificarea înfășurărilor după modul de inseriere a bobinelor

Se înscriază bobinele cu pasul de legătură Y_2

Buclate : pasul rezultat al înfășurării Y este egal cu ordinul de multiplicitate m

$$\pm m = Y = Y_1 - Y_2$$



Sunt înscriate bobine Apropriate, plasate în creștături învecinate.

$$Y_K = u \cdot Y$$

Numărul căilor de curent : $2 \cdot a = 2 \cdot p \cdot m$

Exemplu.Înfășurare buclată.

Pe o armătură cu 16 crestături o înfășurare buclată simplă pentru patru poli.

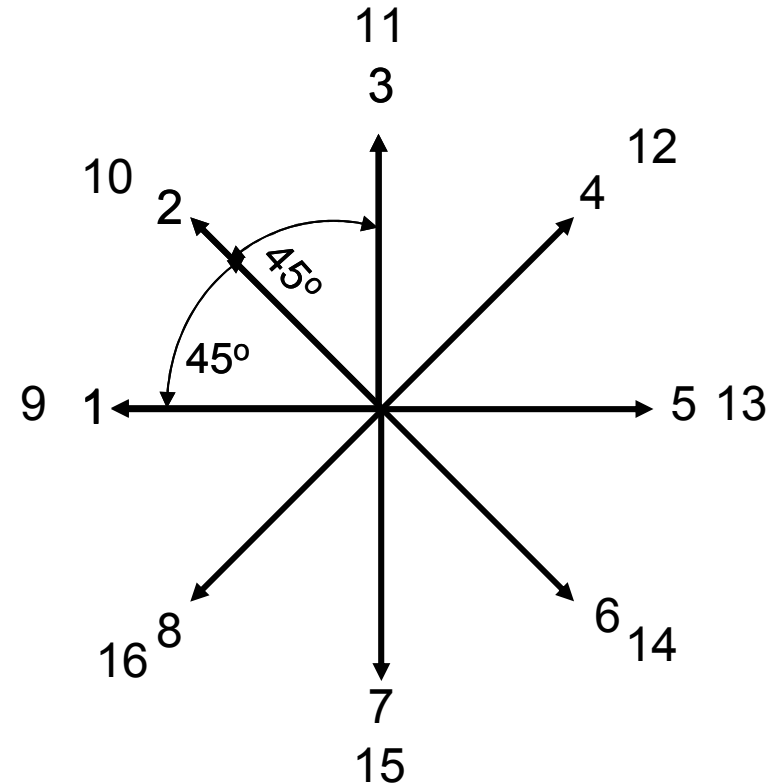
$$K = 16$$

$$2p = 4$$

buclată

$$m = 1$$

$$\alpha = 2 \cdot \frac{360}{16} = 45^\circ$$



Divizor $(N_{cr}, p) = 2$ vor fi 2 raze suprapuse

Pașii înfășurării

Pasul polar

$$\tau = \frac{K}{2 \cdot p} = \frac{16}{4} = 4$$

Pasul rezultat

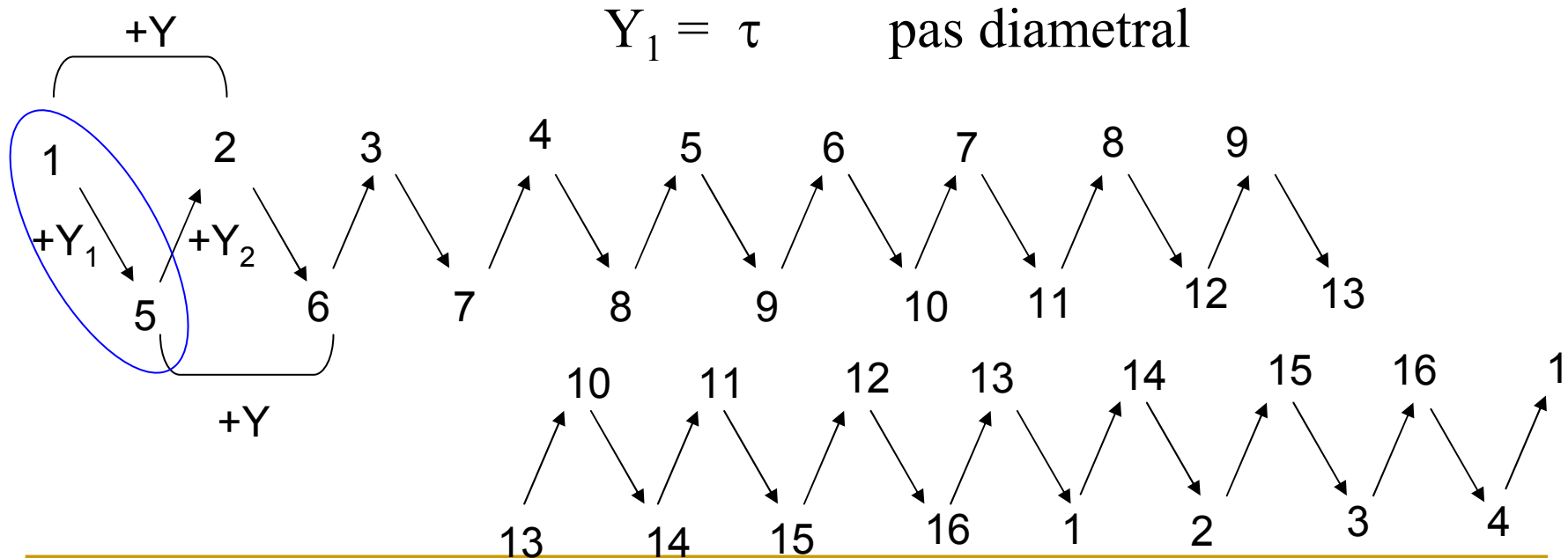
$$Y = +1$$

Deschiderea sau primul pas

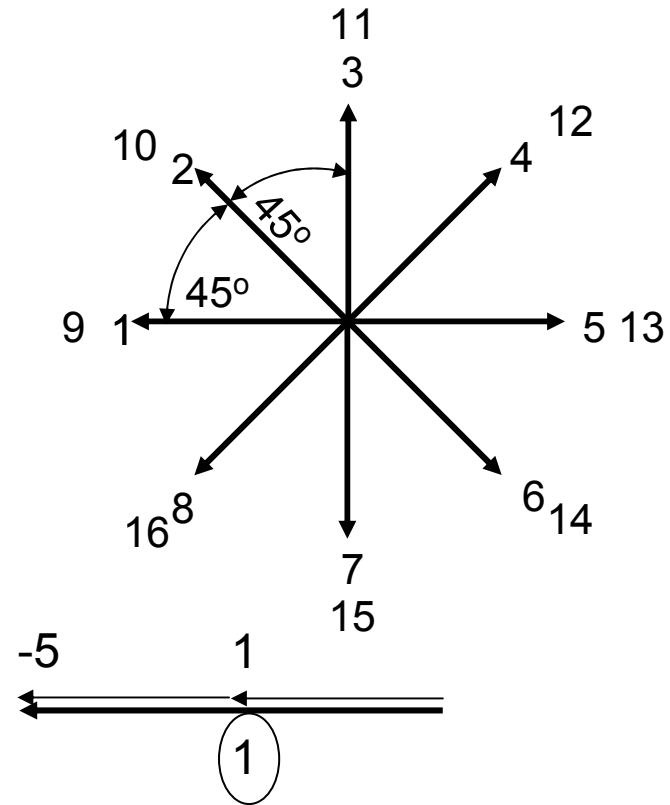
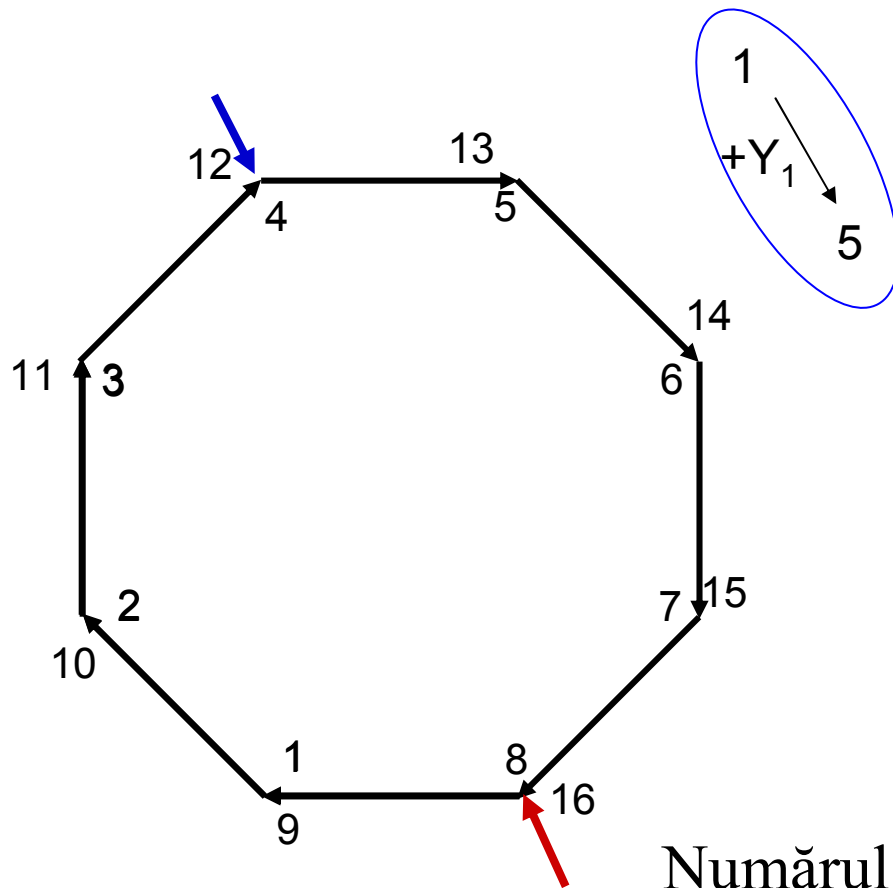
$$Y_1 = \frac{K}{2 \cdot p} \pm \varepsilon = \frac{16}{4} - 0 = 4$$

Pasul de legătură sau al doilea pas

$$Y_2 = Y_1 - Y = 4 - 1 = 3$$



Poligonul t.e.m.



Numărul de perii necesare : doua poligoane

Poziția periiilor : la distanța de un pas polar : $N_p = 2 \cdot p = 4$

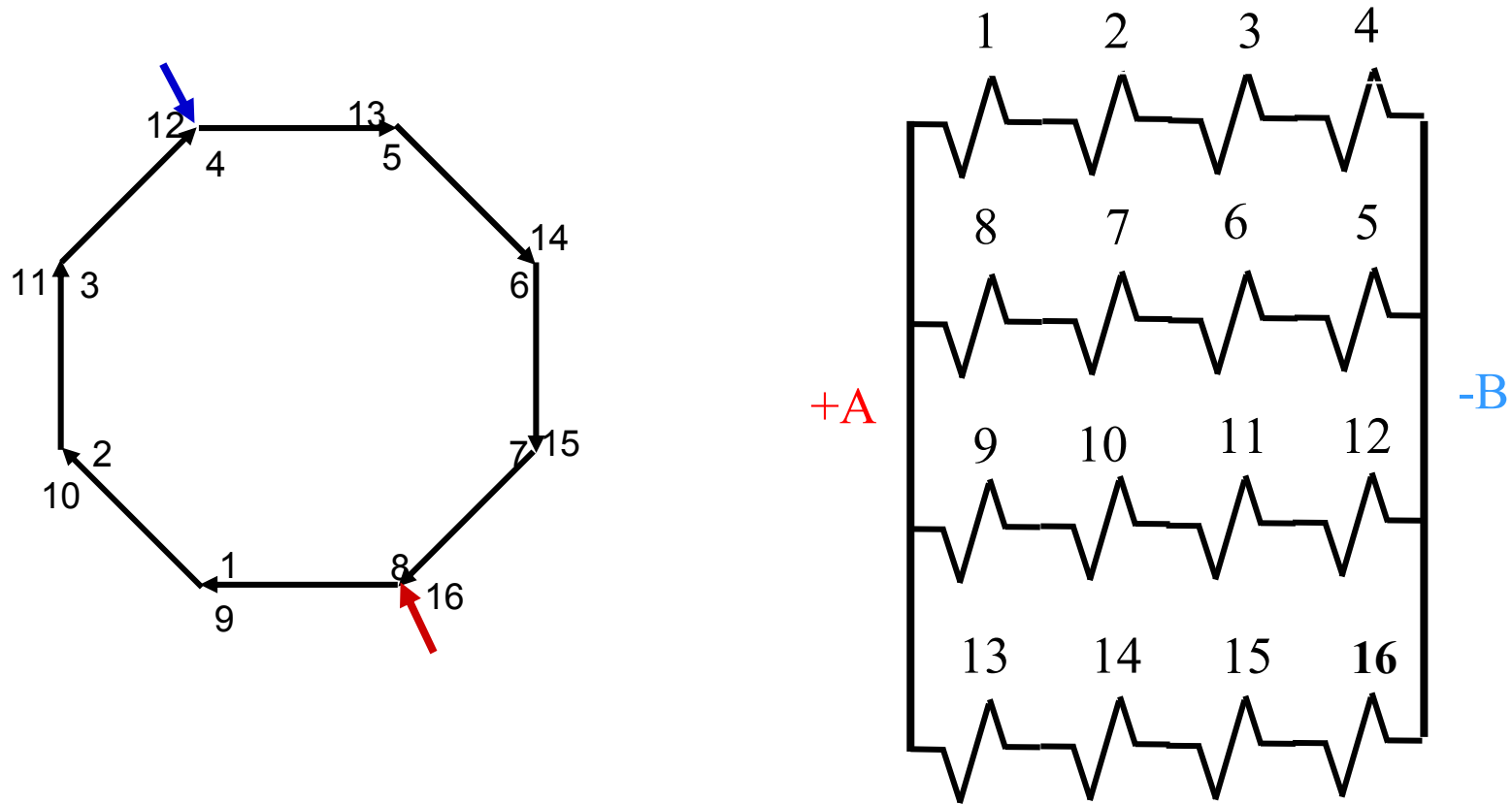
8

$8 + 4 = 12$

$12 + 4 = 16$

$16 + 4 = 4$

Schema echivalentă a înfășurării la momentul considerat



Numărul căilor de curent : $2 \cdot a = 4 = 2 \cdot p \cdot m$

Clasificarea înfășurărilor închise

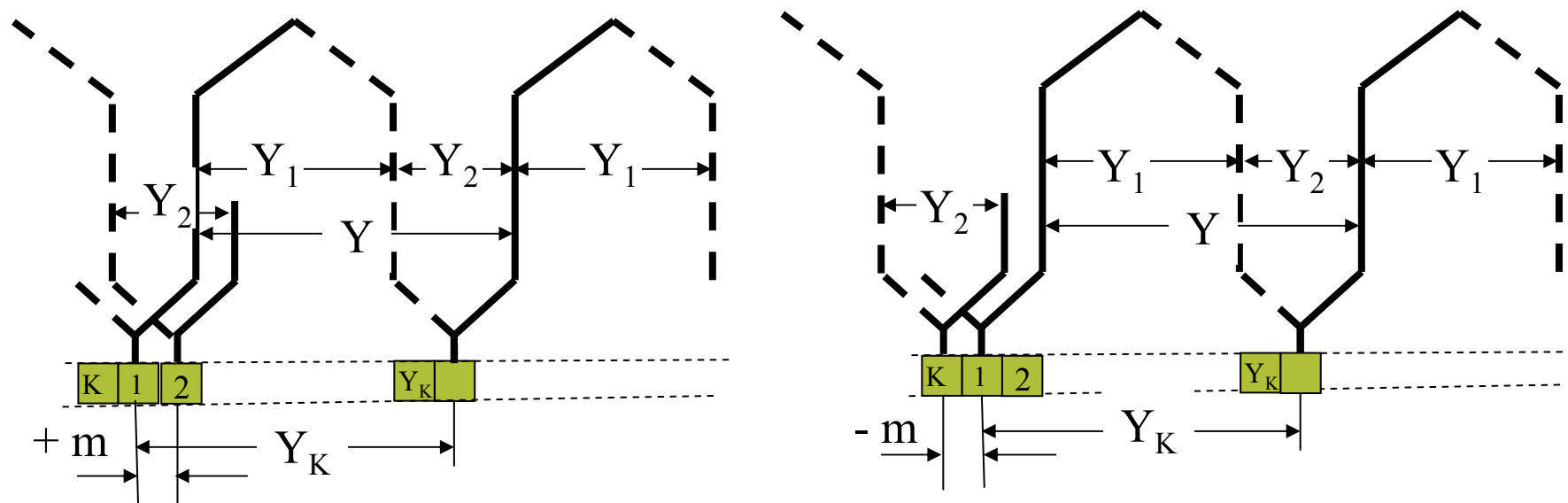
Ondulate

Sunt înseriate bobine care se găsesc la distanța unui pas polar

Pasul rezultat al înfășurării trebuie să fie :
$$Y = \frac{K \pm m}{p}$$

Înfășurarea **nu se poate executa pentru orice K și p.**

Relația dintre pași :
$$Y = Y_1 + Y_2$$



Numărul căilor de curent : $2 \cdot a = 2 \cdot m$

Exemplu.Înfășurare ondulată.

Pe o armătură cu 15 crestături o înfășurare ondulată simplă pentru patru poli.

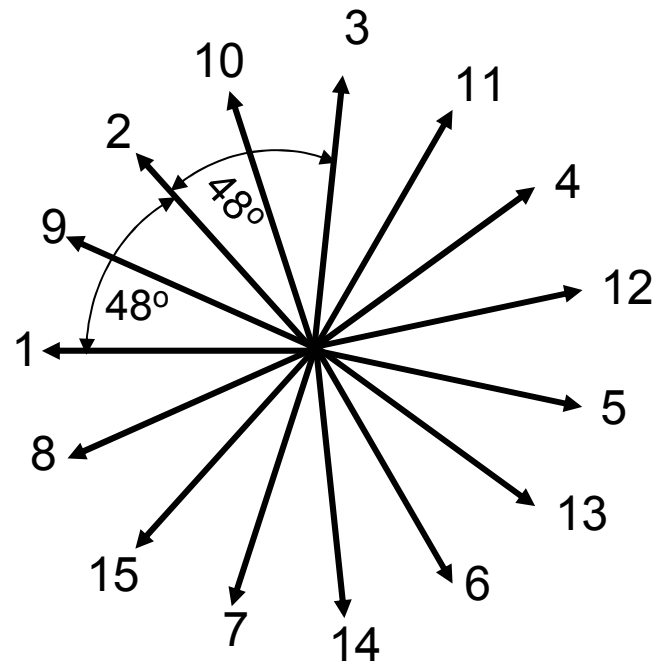
$$K = 15$$

$$2p = 4$$

ondulată

$$m = 1$$

$$\alpha = 2 \cdot \frac{360}{15} = 48^\circ$$



Divizor (N_{cr} , p) = 1 nu vor fi raze suprapuse

Pași înfășurării

Pasul polar

$$\tau = \frac{K}{2 \cdot p} = \frac{15}{4} = 3\frac{3}{4}$$

Deschiderea sau primul pas

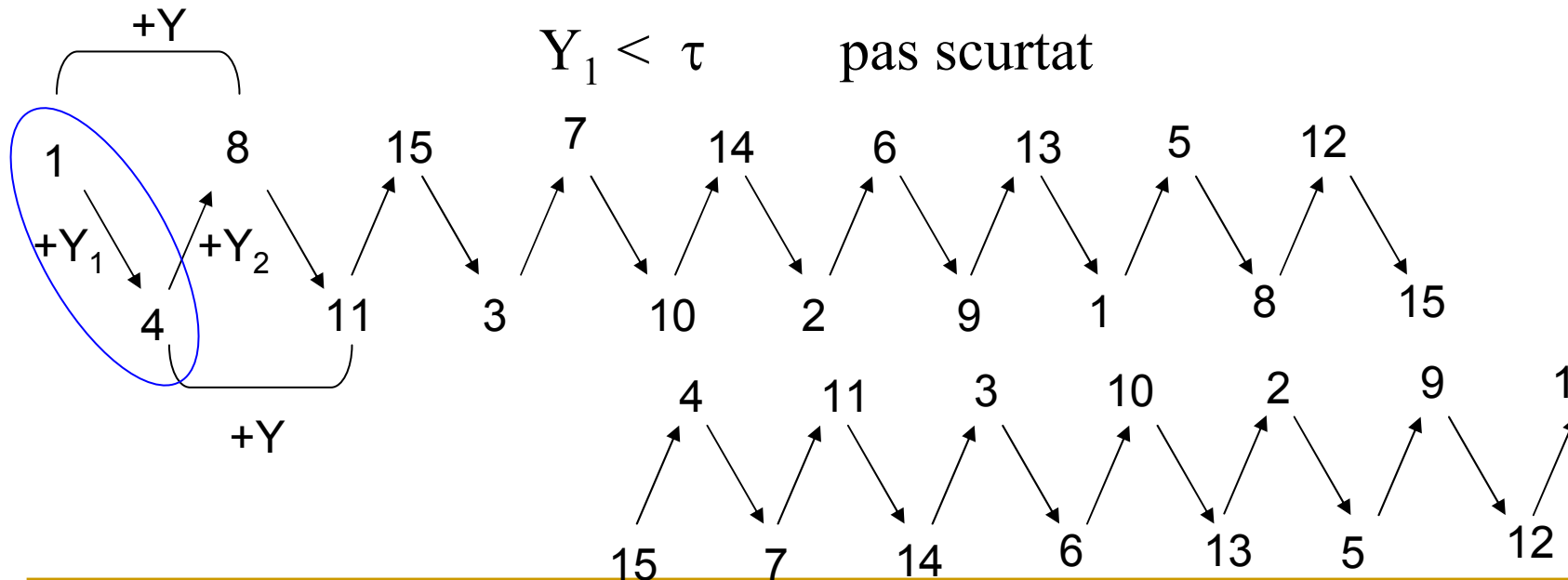
$$Y_1 = \frac{K}{2 \cdot p} \pm \varepsilon = \frac{15}{4} - \frac{3}{4} = 3$$

Pasul rezultat

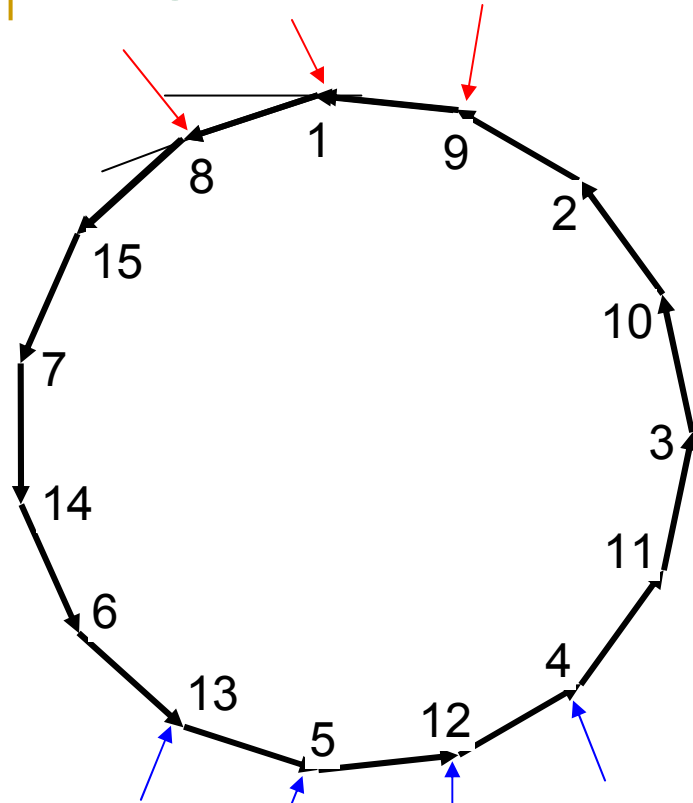
$$Y = \frac{15-1}{2} = 7$$

Pasul de legătură sau al doilea pas

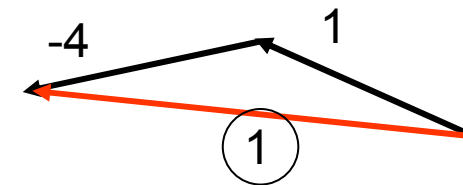
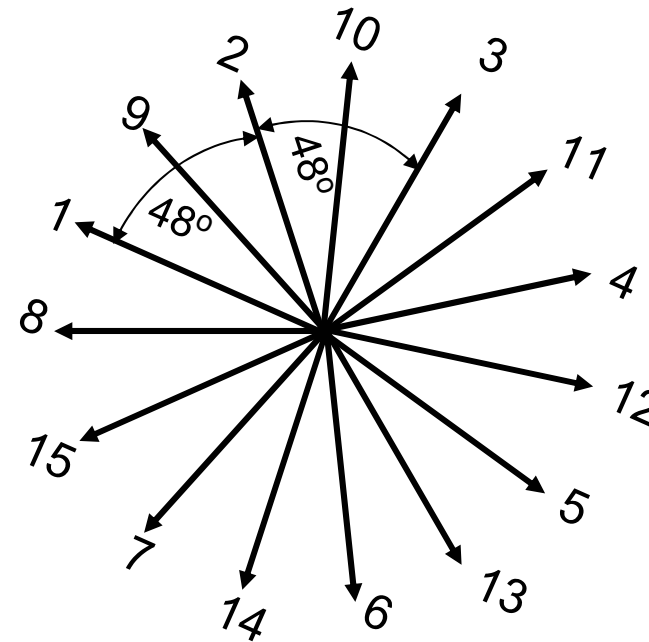
$$Y_2 = Y - Y_1 = 7 - 3 = 4$$



Poligonul t.e.m.



$$Y_1 = 3$$

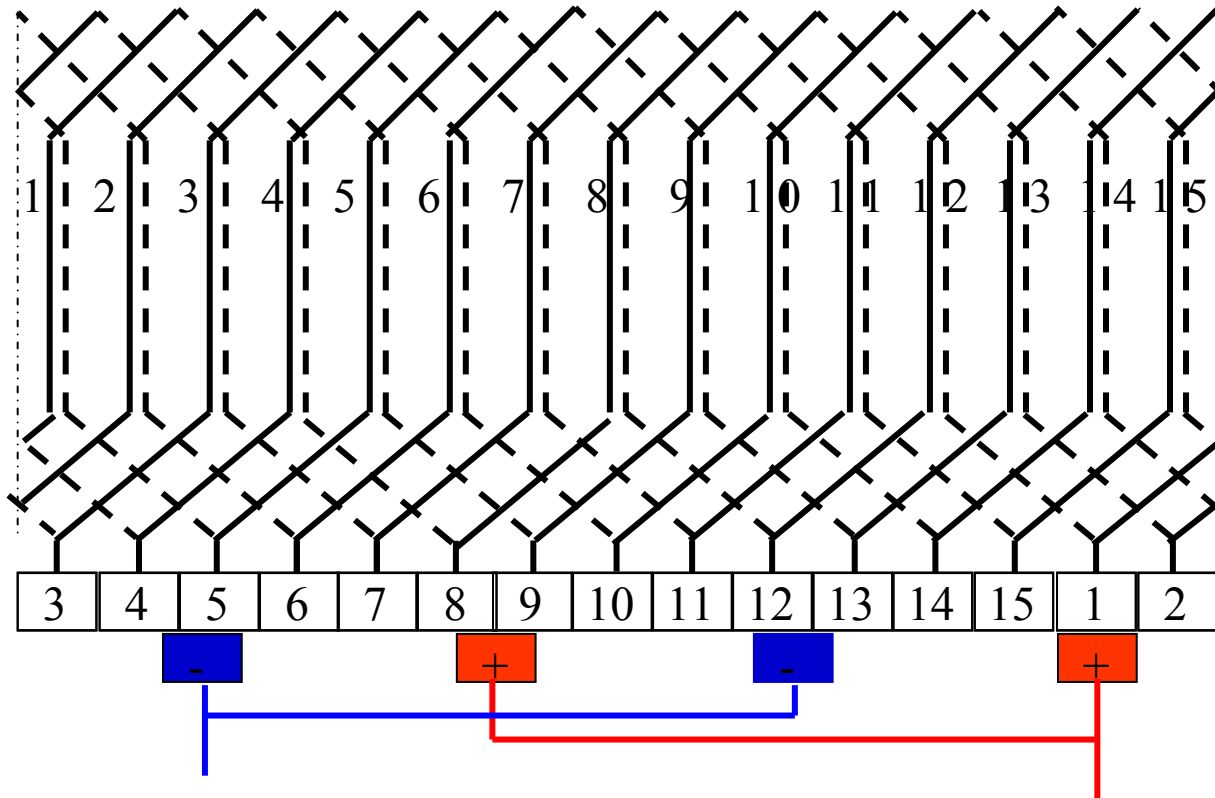


Numărul de perii necesare : $N_p = 2 \cdot p = 4$

Poziția periiilor : la distanța de un pas polar : $+ 4/5, 12/13$

$$1 \quad 1 + 3 \frac{3}{4} = 4 \frac{3}{4} \quad 1 + 2 \cdot 3 \frac{3}{4} = 8 \frac{1}{2} \quad 8 \frac{1}{2} + 3 \frac{3}{4} = 12 \frac{1}{4} \quad -1,8/9$$

Schema desfășurată a înfășurării.



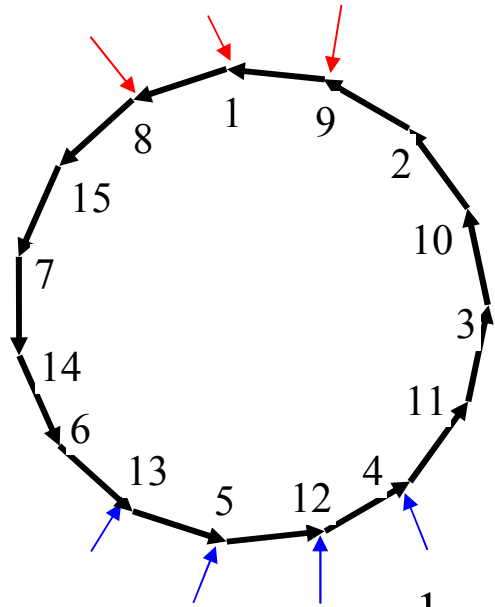
1

$$1 + 3 \frac{3}{4} = 4 \frac{3}{4}$$

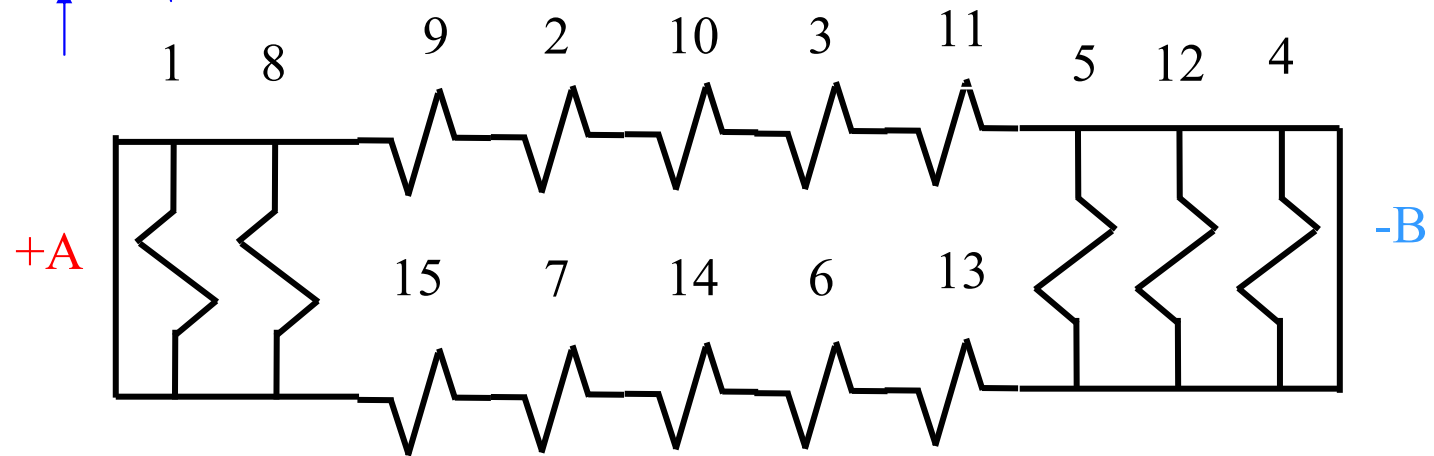
$$1 + 2 \cdot 3 \frac{3}{4} = 8 \frac{1}{2}$$

$$8 \frac{1}{2} + 3 \frac{3}{4} = 12 \frac{1}{4}$$

Schema echivalentă a înfășurării la momentul considerat



Numărul căilor de curent : $2 \cdot a = 2 = 2 \cdot m$



Clasificarea înfășurărilor închise

Combinate : se reunesc o înfășurare buclată și o înfășurare ondulantă cu acelaș număr de căi de curent.

$$a_o = a_b \Rightarrow m_o = p \cdot m_b$$

Înfășurarea ondulantă constituie legătura echipotențială pentru cea buclată, deci :

$$Y_{1b} + Y_{1o} = \frac{K}{p} \qquad Y_b + Y_o = \frac{K}{p}$$

Numărul căilor de curent : $2 \cdot a = 2 \cdot 2 \cdot m_o$

Condiții de simetrie

Condiții de simetrie pentru înfășurări închise:

in orice moment numărul secțiilor pe cale de curent să fie același.

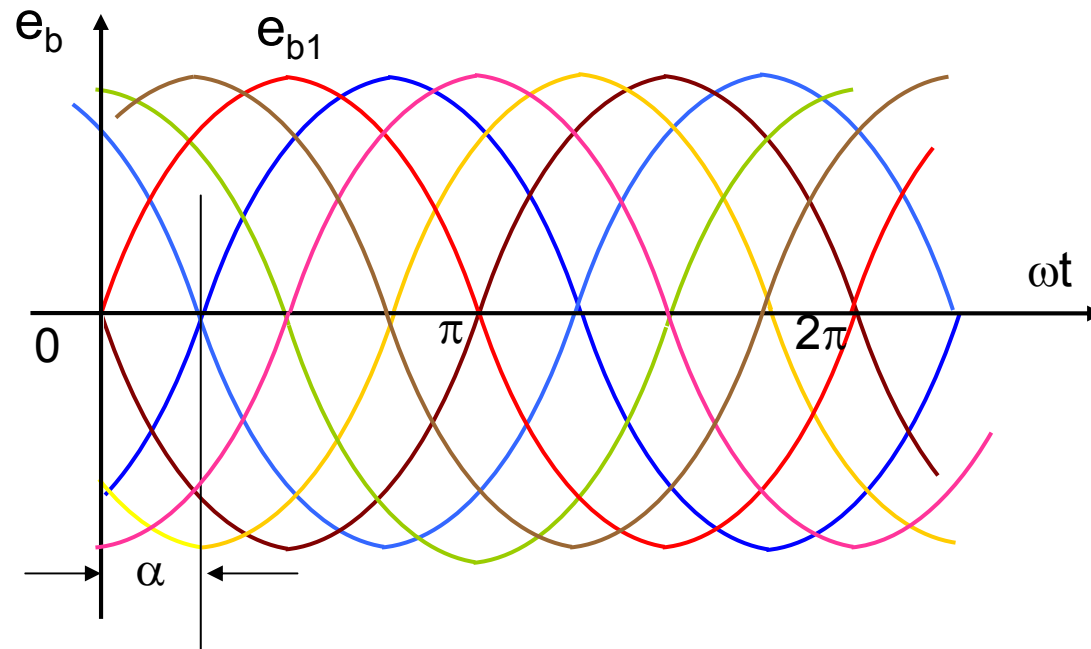
Număr secții = număr lamele de colector

$$\frac{K}{a} = n.i. \quad \frac{2a}{p} = n.i.$$

$$\frac{15}{1} = n.i. \quad \frac{2}{2} = n.i.$$

$$\frac{16}{2} = n.i. \quad \frac{4}{2} = n.i.$$

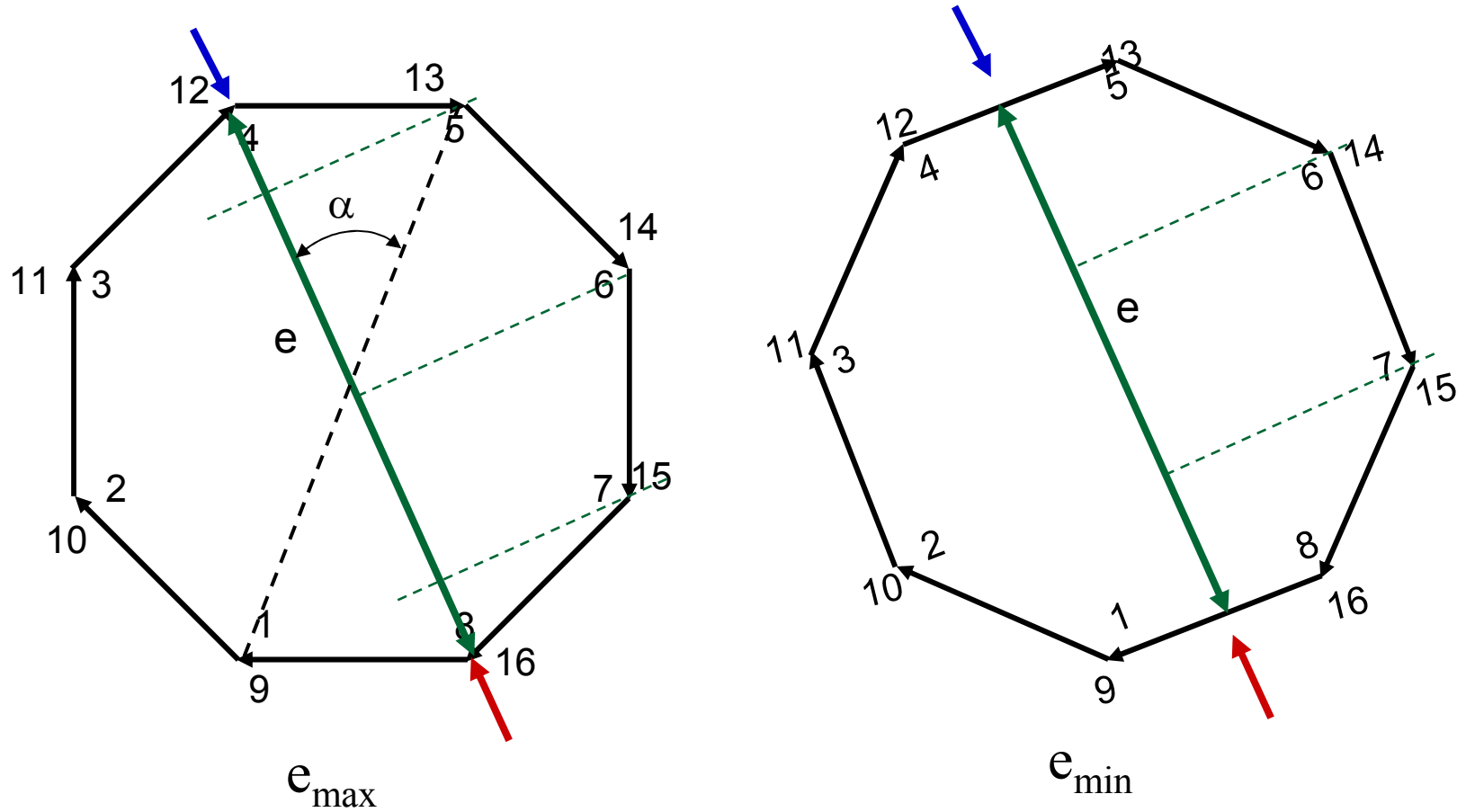
T.e.m. indusă.



Tensiune indusă este alternativă de frecvență:

$$f = p \cdot n$$

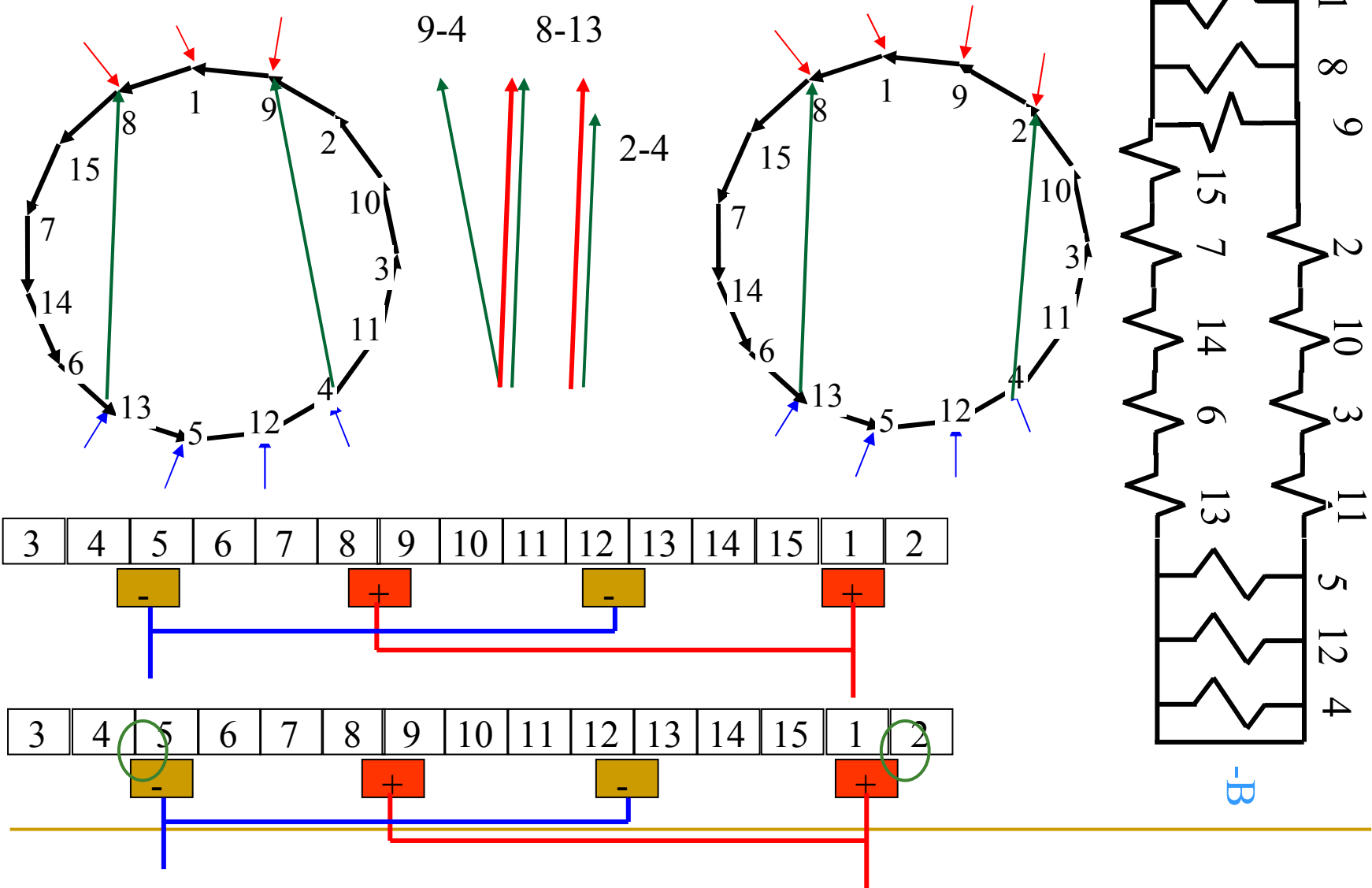
T.e.m. culeasă la perii



Pulsația tensiunii la perii

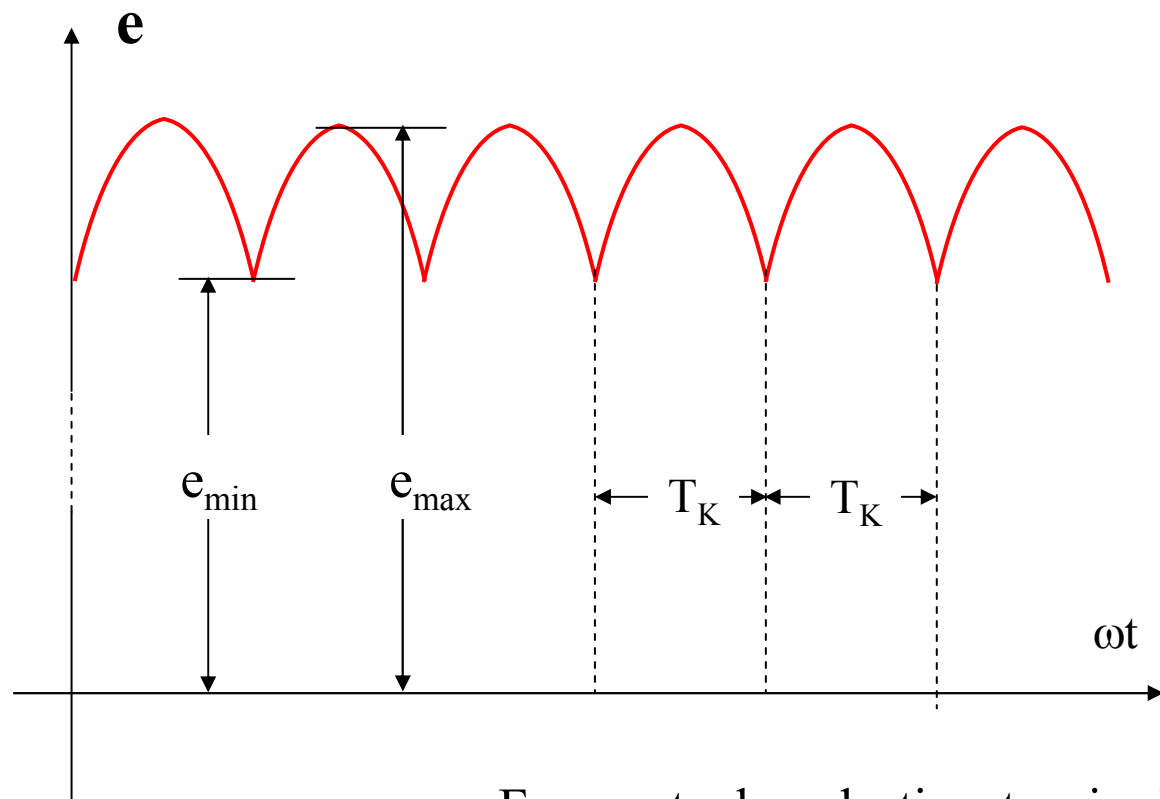
$$\Delta e = 2 \frac{e_{\max} - e_{\min}}{e_{\max} + e_{\min}} = \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{4}$$

Tensiunea electromotoare indusă



T.e.m. culeasă la perii

Intervalul de timp în care o lamelă se găsește sub perie – timpul de comutație



Frecvența de pulsație a tensiunii

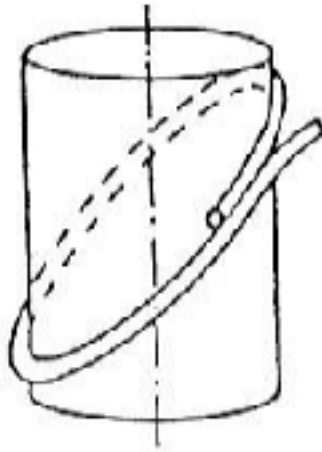
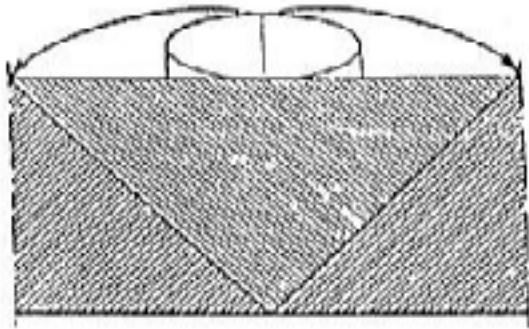
$$T_K = \frac{2\pi}{K \Omega} = \frac{1}{K \cdot n}$$

Pulsația t.e.m.

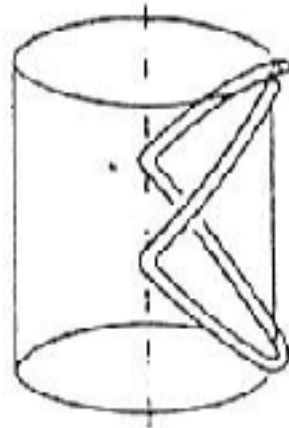
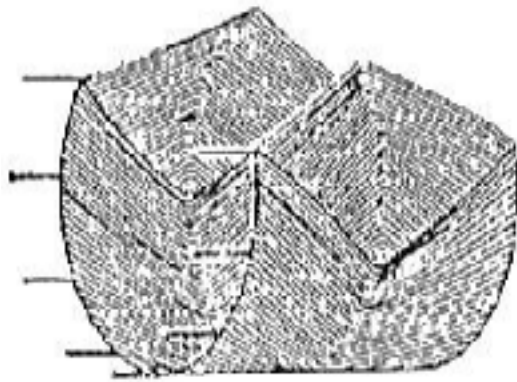
$$\Delta e = \text{tg}^2 \frac{\alpha}{4}$$

$$f_K = \frac{1}{T_K} = K \cdot n$$

Infășurări speciale așezate în întrefier



Înfășurare oblică tip
Faulhaber.



Înfășurarea rombică tip
Fütterer.