7.1.5. PRODUCEREA TENSIUNII ELECTROMOTOARE TRIFAZATE SIMETRICE

Se poate face prin inductie electromagnetica in trei cadre bobinate identice fixate pe acelasi ax cu planurile decalate succesiv cu câte $2\pi/3$ (fig. 7.1.12).

Astfel, daca se considera un cadru dreptunghiular (1) bobinat cu N spire, care se roteste cu turatia constanta n in jurul unui ax paralel cu una din laturi, intr-un câmp magnetic omogen de inductie $\overline{B_0}$, perpendicular pe ax si daca $2\pi nt + \alpha$ este unghiul format de normala $\overline{n_1}$ pe planul unei spire, A fiind aria acesteia (fig. 7.1.12), atunci fluxul magnetic instantaneu prin cele N spire ale cadrului este:

$$\Phi_1(t) = NAB_0 \cos(2\pi nt + \alpha) \quad (7.1.34)$$

iar t.e.m.instantanee indusa in cadru este:

$$e_1(t) = -\frac{d\Phi_1}{dt} = 2\pi nNAB_0 \sin(2\pi nt + \alpha_1) = \omega NAB_0 \sin(\omega t + \alpha) = \\ = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha) \quad (7.1.35)$$

unde $\omega = 2\pi f = 2\pi n$ este pulsatia.

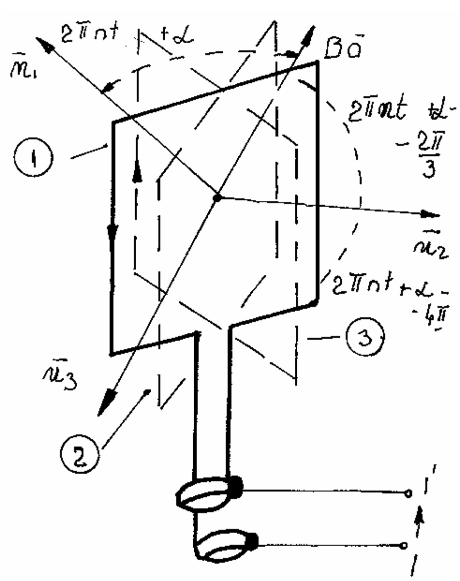
$\alpha = \alpha_1 = \angle(\overline{n_1}, \overline{B_0})_{t=0}$ este faza initiala, iar

$$E = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \cdot N \cdot \Phi_{f0} = 4{,}44 f \cdot N \cdot \Phi_{f0} \quad (7.1.36)$$

este valoarea efectiva. Cu $\Phi_{f0}=B_0A$ s-a notat valoarea maxima a fluxului fascicular al unei spire.

Tensiunea electromotoare e_1 poate alimenta un circuit exterior prin intermediul a doua perii, in contact cu inelele colectoare fixate pe ax si conectate, la capetele infasurarii cadrului.

Prin cadrele identice 2, 3 fluxurile instantanee corespunzatoare vor diferi numai datorita faptului ca unghiurile facute de normalele $\overline{n_2}$, $\overline{n_3}$ la planurile respective, cu directia liniilor de câmp (la t=0) vor fi $\alpha_2 = \alpha - \frac{2\pi}{3}$, $\alpha_3 = -\frac{4\pi}{3}$.



Se obtin astfel pentru tensiunile electromotoare induse in cele trei cadre expresiile corespunzatoare tensiunile electromotoare, formând un sistem simetric direct:

$$e_1(t) = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha)$$

$$e_2(t) = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha - \frac{2\pi}{3}) \quad (7.1.37)$$

$$e_3(t) = E\sqrt{2}\sin(\omega t + \alpha - \frac{4\pi}{3}$$

Fig. 7.1.12

In practica insa, acest procedeu de producere a tensiunii electromotoare trifazata este dificil, intrucât este greu sa se realizeze câmpuri magnetice omogene suficient de intense in aer.

Solutia tehnica adoptata in cazul generatoarelor trifazate consta in urmatoarele: bobinele se realizeza din bare imobile, creând un câmp magnetic, prin rotirea in spatiu a unui corp feromagnetic (rotor), caruia i se ataseaza un câmp de inductie magnetica cu o distributie spatiala sinusoidala, care variaza dupa relatia:

$$B=B_m \sin p\alpha \qquad (7.1.38)$$

unde α este unghi spatial, iar p numarul de perechi de poli ai câmpului magnetic al rotorului (fiecare semiperioada corespunde unui pol magnetic).

Intr-o bara situata longitudinal, perpendicular pe inductia magnetica locala $\overline{B}$ si care are fata de rotor viteza $v = r\dfrac{d\alpha}{dt}$=constant (perpendiculara, la rândul ei, pe planul format, $\overline{l}$ a barei si inductia magnetica $\overline{B}$) se induce o t.e.m. prin miscare:

$$e_1 = v\cdot B\cdot l = v\cdot l\cdot B_m \sin p\alpha \qquad (7.1.39)$$

Cum miscarea rotorului este uniforma, unghiul $\alpha=\omega t+\alpha_0'$ variaza in timp cu viteza unghiulara

$$\omega=d\alpha/dt \qquad (7.1.40)$$

Rezulta deci ca t.e.m. indusa in bara variaza sinusoidal in timp:

$$e_1(t) = E_m\sin(\omega t+\alpha_0) \qquad (7.1.41)$$

având valoarea maxima $E_m=v\cdot 1\cdot B_m$, pulsatia $\omega = p\omega_0$ si faza initiala (unghi electric): $\alpha_0=p\alpha_0'$.

In cele trei bare 1, 2, 3 decalate spatial succesiv cu $\dfrac{2\pi}{3p}$, se induc tensiuni electromotoare care formeaza sistem trifazat simetric.

Legând in serie câte n bare cu dispunere spatiala corespunzatoare (la diversi poli) se obtin bobine cu t.e.m.; ne_1; ne_2; ne_3.

Nota:

Pentru simplificarea scrierii in complex a marimilor sinusoidale trifazate simetrice se utilizeaza operatorul complex „a“ numit operator de rotatie in sens trigonometric direct definit prin relatia:

$$a=e^{j\frac{2\pi}{3}}=\cos\frac{2\pi}{3}+j\sin\frac{2\pi}{3}=-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (7.1.42)$$

care pentru $n\in Z$ satisface relatiile:

$$a = a^4=a^{-2}=a^{3n+1}=e^{j\frac{2\pi}{3}}=-\frac{1}{2}+j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$a^2 = a^5=a^{-1}=a^{3n+2}=e^{-j\frac{2\pi}{3}}=-\frac{1}{2}-j\frac{\sqrt{3}}{2} \qquad (7.1.43)$$

$$a^3 = a^6=a^0=a^{3n}=e^{j0}=1$$

$$\text{si } 1+a+a^2=0 \qquad (7.1.44)$$

Se constata usor ca inmultirea cu $a=e^{j\frac{2\pi}{3}}$ roteste un vector reprezentativ din planul complex cu $\dfrac{2\pi}{3}$ in sens trigonometric direct, iar inmultirea cu a^2 il roteste cu $\dfrac{2\pi}{3}$ in sens trigonometric invers. Cu ajutorul operatorului a, relatiile din complex a tensiunilor trifazate.

$\underline{U}_1 = U_1 e^{j0} = U_1$ devin $\underline{U}_1=\underline{U}_1$

$\underline{U}_2= U_1 e^{-j\frac{2\pi}{3}}$ $\underline{U}_2=a^2\underline{U}_1$ (7.1.45)

$\underline{U}_3=U_1 e^{-j\frac{4\pi}{3}} = U_1 e^{j\frac{2\pi}{3}}$ $\underline{U}_3=a\underline{U}_1$

Din punct de vedere al sensului de defazare, dintre marimile unui sistem trifazat (respectiv al succesiunii fazelor), considerând o anumita ordonare a acestor marimi, se disting: sisteme trifazate directe (de succesiune directa) si sisteme trifazate inverse (succesiune inversa).

Ecuatiile (7.1.45) sunt sisteme in succesiune directa. In cazul unui sistem trifazat invers se pot scrie in complex relatiile:

$\underline{U}_1=\underline{U}_1$

$\underline{U}_2=a\underline{U}_1$ (7.1.46)

$\underline{U}_3= a^2\underline{U}_1$

cu reprezentarea fazoriala din fig. 7.1.13.

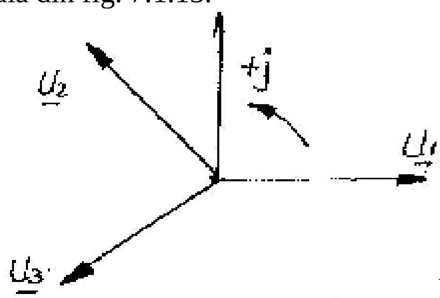


Fig. 7.1.13