
Determinarea pozitiei rotorului

Introducere

Precizia necesară

Numărul de faze,
sistemul de alimentare

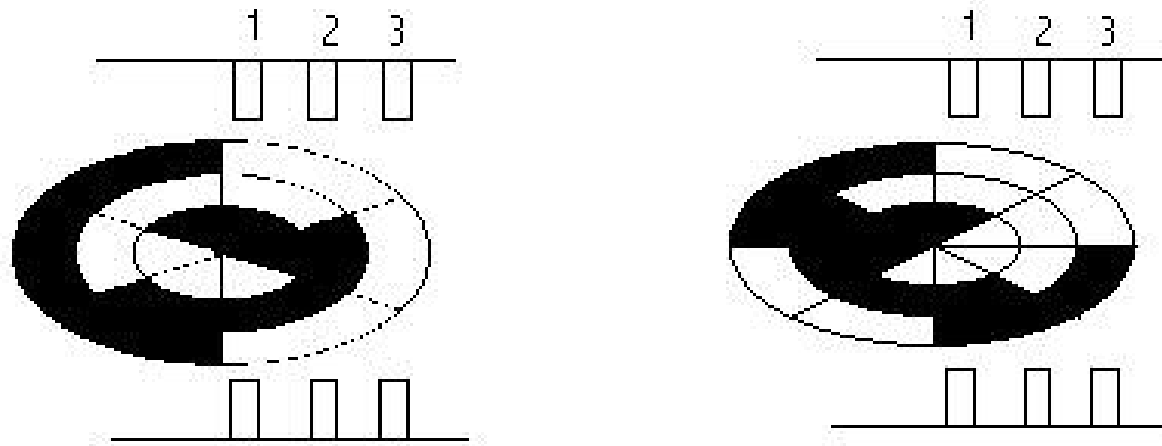
$$\Delta\alpha = \frac{2\pi}{2 \cdot \zeta \cdot m} = \frac{\pi}{\zeta \cdot m}$$

Metode de detectarea poziției:

- **directe**
 - traductoare
 - necesită spațiu
 - scump.
 - **indirecte**
 - nu necesită spațiu
 - comanda complexă
 - sistem de calcul
-

Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

- rezolvere
- selsine
- indicatoare cu iesire digitala



Scema de principiu a traductorului cu 3 biti cu sase si opt sectoare.

Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

| Pozitia rotorului | Codul de iesire a traductorului | | |
|-------------------|---------------------------------|---------|---------|
| [ungh el.] | Banda 1 | Banda 2 | Banda 3 |
| 0 - 60 | 1 | 0 | 0 |
| 60 - 120 | 1 | 1 | 0 |
| 120 - 180 | 0 | 1 | 0 |
| 180 - 240 | 0 | 1 | 1 |
| 240 - 300 | 0 | 0 | 1 |
| 300 - 360 | 1 | 0 | 1 |

Codul de iesire in cazul unui disc cu 3 benzi si 6 sectoare

Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

| Pozitia rotorului | Codul de iesire a traductorului | | |
|-------------------|---------------------------------|---------|---------|
| | Banda 1 | Banda 2 | Banda 3 |
| [ungh el.] | | | |
| 0 - 45 | 0 | 0 | 0 |
| 45 - 90 | 0 | 0 | 1 |
| 90 - 135 | 0 | 1 | 1 |
| 135 - 180 | 0 | 1 | 0 |
| 180 - 225 | 1 | 1 | 0 |
| 225 - 270 | 1 | 1 | 1 |
| 270 - 315 | 1 | 0 | 1 |
| 315 - 360 | 1 | 0 | 0 |

~~Codul de iesire in cazul unui disc cu 3 benzi si 8 sectoare~~

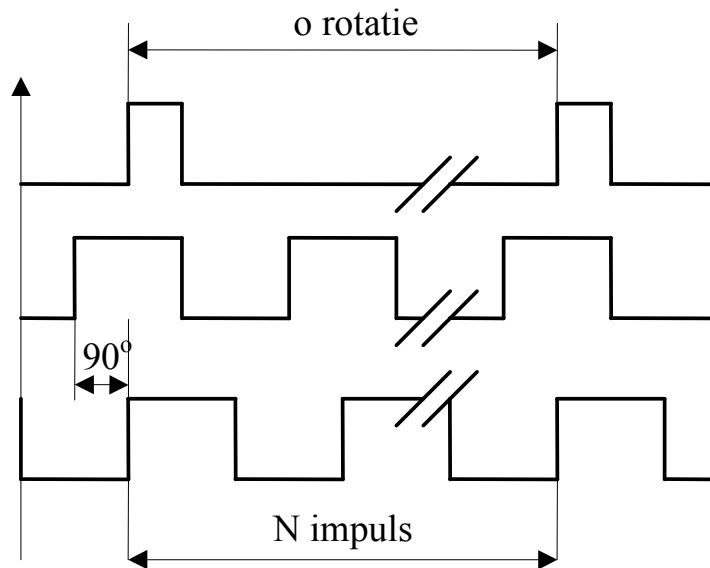
Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

Numarul de biti 'a'

Numarul de sectoare $s = a \cdot 2^a$

Numarul de benzi 'a'

Precizia : $\Delta\alpha = \frac{360}{s}$



Encoder optic

3 benzi

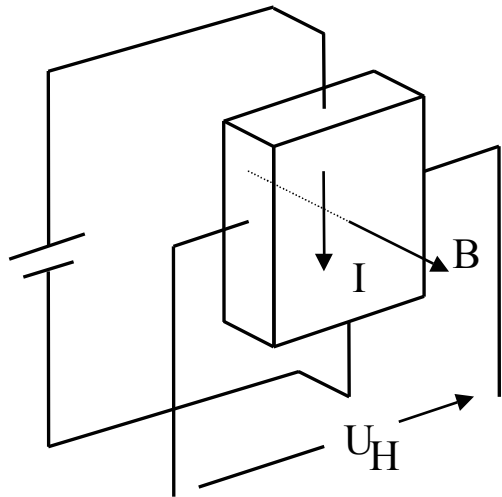
Precizia

$$\theta = \frac{360}{N}$$

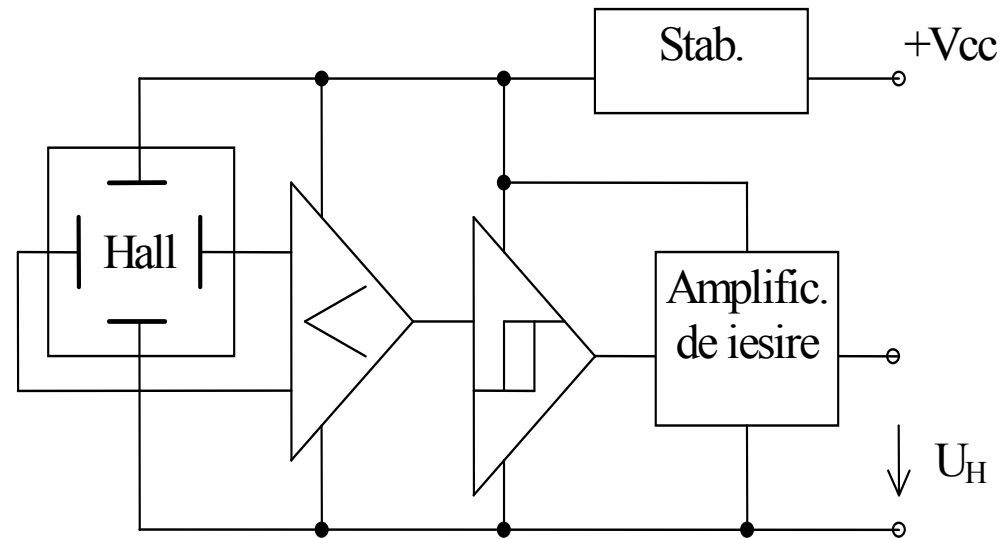
Dezavantajul principal al traductoarelor optice constituie
îmbătrânirea sursei și receptorului optic

Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

traductorul pe baza efectului Hall.



Principiul efectului Hall

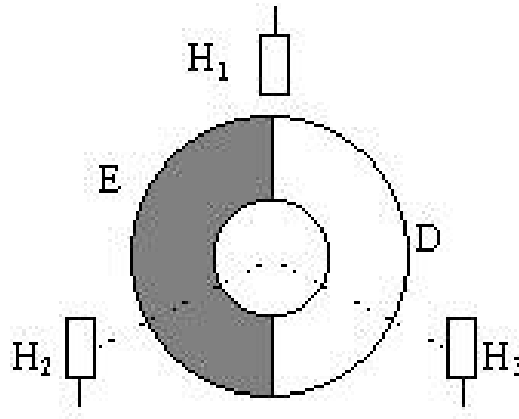


Schema circuitului integrat

Polaritatea semnalului de ieșire U_H depinde de direcția inducției magnetice. Se transformă în impulsuri dreptunghiulare.

Metode directe de detectare a pozitiei rotorului

Circuitul integrat se așează cât mai aproape de magnetul permanent de pe rotor, dacă aceasta nu este posibil se folosește un magnet auxiliar montat pe rotor



Așezarea traductoarelor Hall
pentru un motor cu trei faze

precizia este de 60°.

Estimarea poziției rotorului

Există, principial, două clase de metode de estimare a poziției rotorului:

- Metode de calcul în care se utilizează valorile măsurate ale tensiunii și curentului fazelor mașinii.
- Metode de calcul care utilizează informații obținute prin aplicarea unor tensiuni de frecvență ridicată, diferite de cele de alimentare de forță, la fazele mașinii.

Metodele cele mai utilizate din prima clasă sunt:

- Estimarea bazată pe variația inductanței fazei.
 - Estimarea bazată pe măsurarea tensiunii electromotoare induse.
 - Estimarea bazată pe utilizarea sistemelor cu observatori.
-

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

Ecuția circuitului statoric al fazei k este

$$u_k = R_k \cdot i_k + \frac{d\Psi_k}{dt} = R_k \cdot i_k + \frac{d}{dt} [\Psi_{kM} + L_k(\Psi_{kM}(\theta_k), i_k) \cdot i_k]$$

u_k – tensiunea de alimentare al fazei statorice k ,

i_k – curentul fazei statorice k ,

Ψ_k – fluxul total al fazei statorice

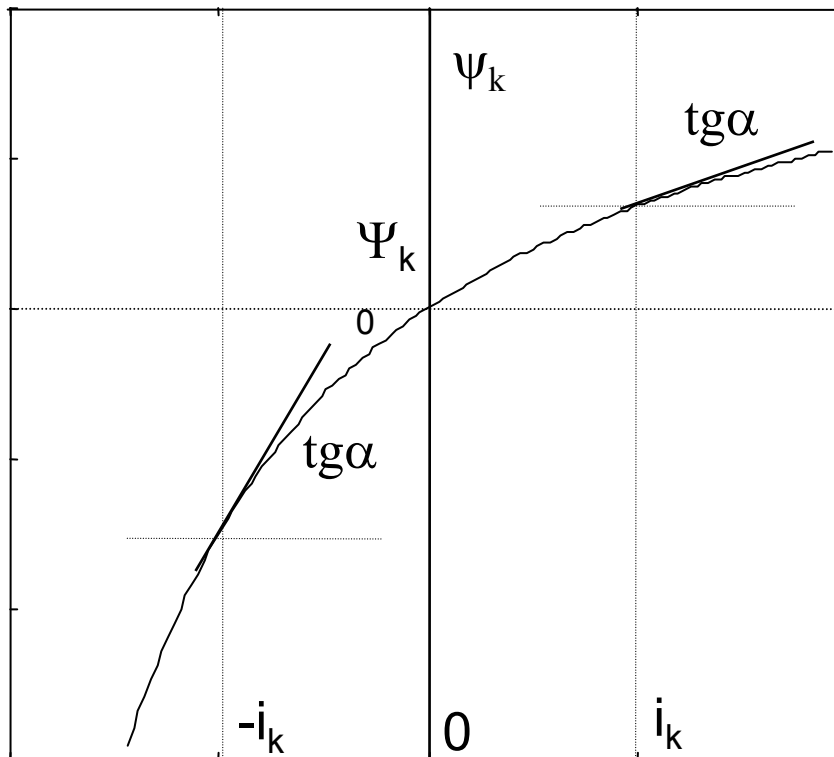
Ψ_{kM} – fluxul produs de magnetul permanent în faza statorică k ,

R_k – rezistența fazei statorice k ,

L_k – inductivitatea fazei statorice k , care depinde de poziția relativă a fazei față de rotor, unghiul θ_k și de curentul fazei i_k și se poate scrie sub forma

$$L_k(\Psi_{kM}(\theta_k), i_k) = L_{k0}(\Psi_{kM}(\theta_k)) + \Delta L_k(i_k)$$

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului



Variația fluxului fazei cu saturația.

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

Determinarea poziției rotorului în repaus

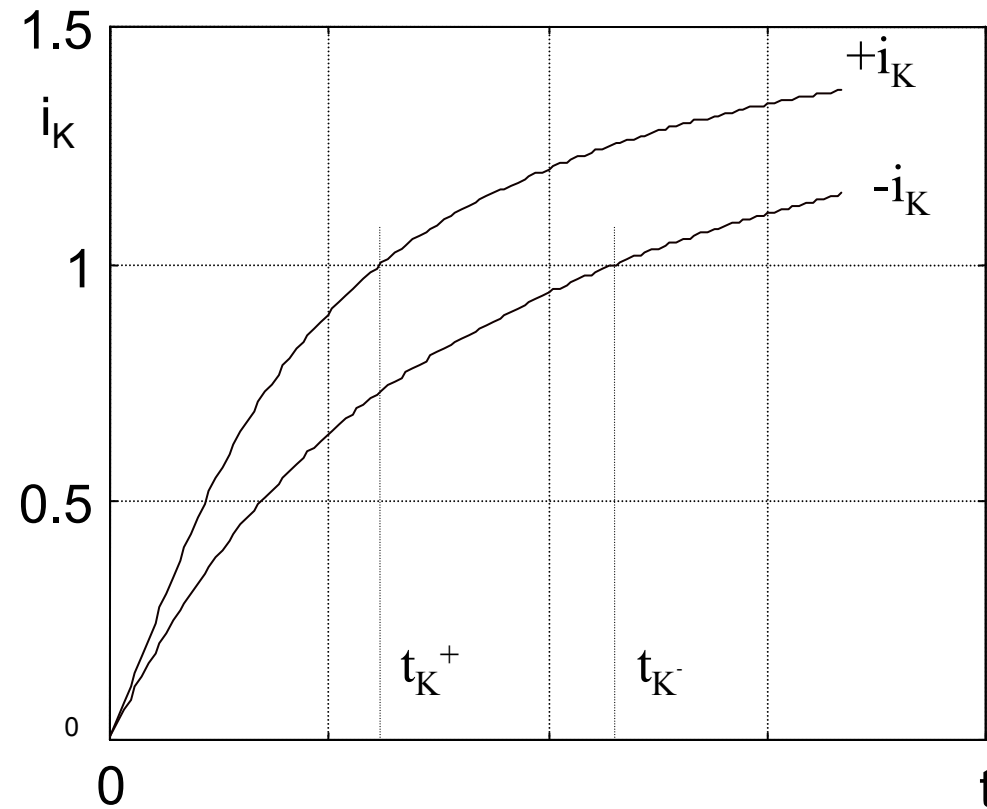
Dacă în repaus o fază statorică este alimentată, atunci curentul crește exponențial în funcție de constantă de timp a circuitului, după relația

$$i_K(t) = \frac{u_K}{R_K} \left(1 - e^{-\frac{t}{T_K}} \right)$$

unde constanta de timp:

$$T_K = \frac{L_K}{R_K} = \frac{L_{K0}(\lambda_{KM}(\theta_K)) + \Delta L_K(i_K)}{R_K}$$

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului



Variația curenților la alimentarea fazei.

Diferența dintre timpii de creștere

$$\Delta t_K = t(I_K^+) - t(I_K^-) = (T_K^+ - T_K^-) \ln \left(I_K - \frac{R_K I_K}{U_K} \right)$$

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

| Poziția rotorului Alimentare unei faze | Semnul diferenței timpilor de creștere a curenților | | | Poziția rotorului Alimentare a două faze |
|---|--|--------------|--------------|---|
| | sgn(Δt) | | | |
| [ungh el.] | Δt_1 | Δt_2 | Δt_3 | [ungh el.] |
| 0 - 60 | 1 | 0 | 1 | 330 - 30 |
| 60 - 120 | 1 | 0 | 0 | 30 - 90 |
| 120 - 180 | 1 | 1 | 0 | 90 - 150 |
| 180 - 240 | 0 | 1 | 0 | 150 - 210 |
| 240 - 300 | 0 | 1 | 1 | 210 - 270 |
| 300 - 360 | 0 | 0 | 1 | 270 - 330 |

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

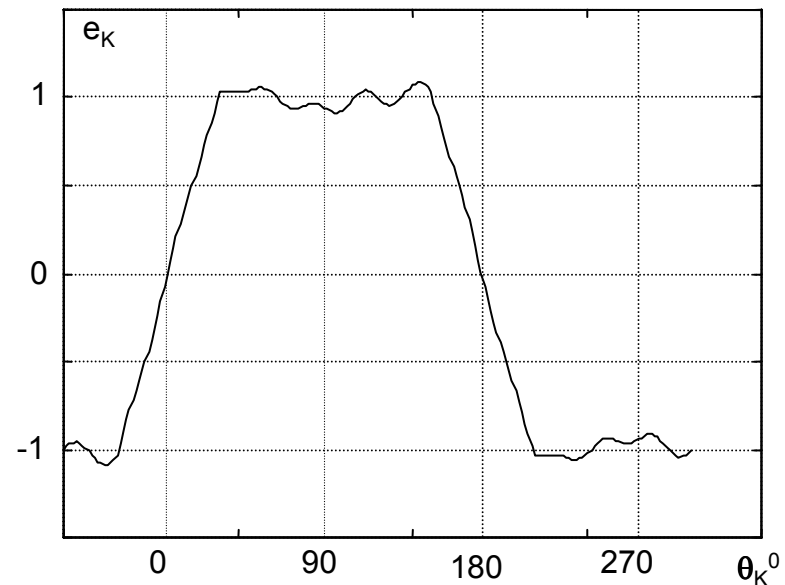
Determinarea poziției rotorului în mișcare;

se induce o t.e.m. de valoarea

$$e_k = - \frac{d}{dt} \Psi_{kM} = - \frac{\delta \psi_{kM}}{\delta \theta} \frac{d\theta}{dt}$$

T.e.m. indusă depinde de -

- poziția rotorului,
- variația câmpului magnetic,
- viteza de rotație.



Variația cu poziția rotorului a t.e.m pe fază.

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

Tensiunea la bornele motorului

$$u_K = R_K i_K + \frac{d}{dt} [L_K (\lambda_{KM} (\theta_K), i_K) \cdot i_K] - e_K$$

Această diferență determină **eroarea de metodă** a determinării poziției rotorice prin măsurarea tensiunii la borne.

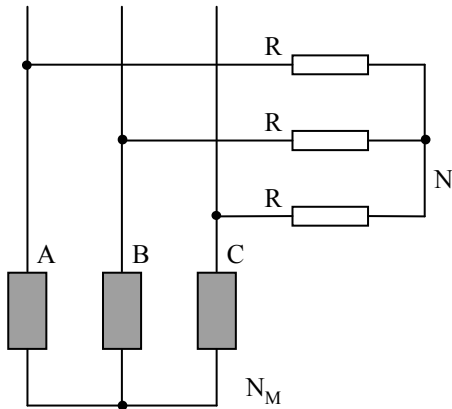
Eroarea poate fi micșorată dacă se măsoară curentul și se calculează t.e.m,

punctul de nul al înfășurării statorice este accesibil.

Trecerea prin zero a t.e.m. induse coincide cu unghiurile ,
k=1,2, deci poziția rotorului în cazul înfășurării trifazate se poate determina cu precizia de 60° electrice.

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

1. realizăm un nul artificial



. Crearea nulului artificial.

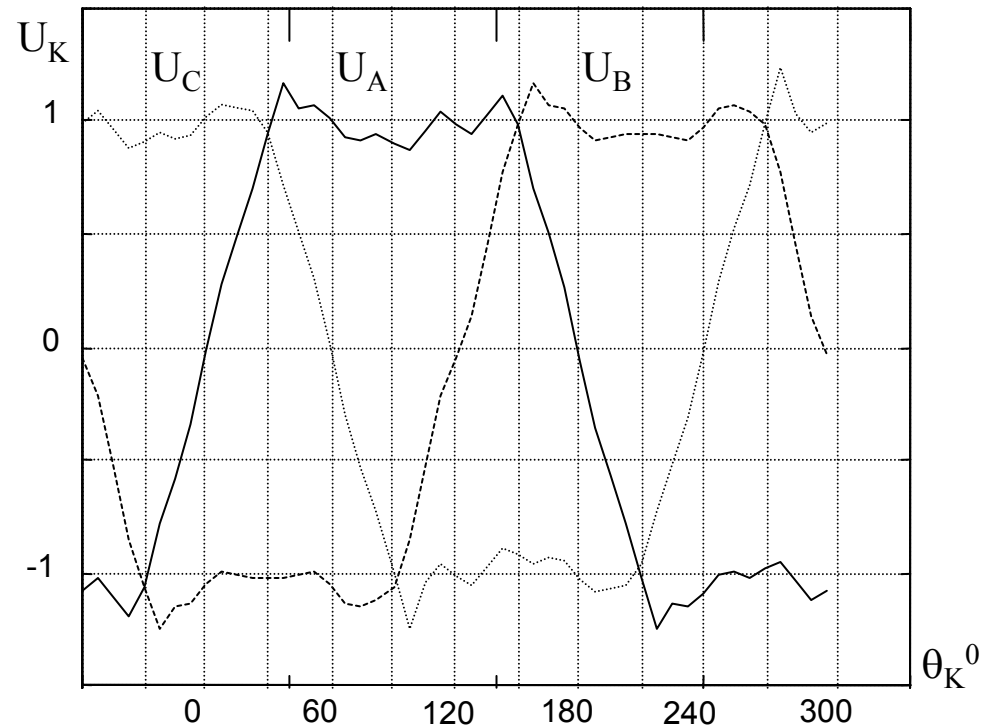
2/se calculează componentele ortogonale ale vectorului de tensiune

$$U_d = U_A$$

$$U_q = (U_B - U_C) \frac{1}{\sqrt{3}}$$

Trecerea prin zero a componentei U_d corespunde unghiurilor rotorice de $k\pi$, $k = 1, 2, \dots$ la trecerea prin zero a componentei U_q conform $U_B = U_C$.

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului



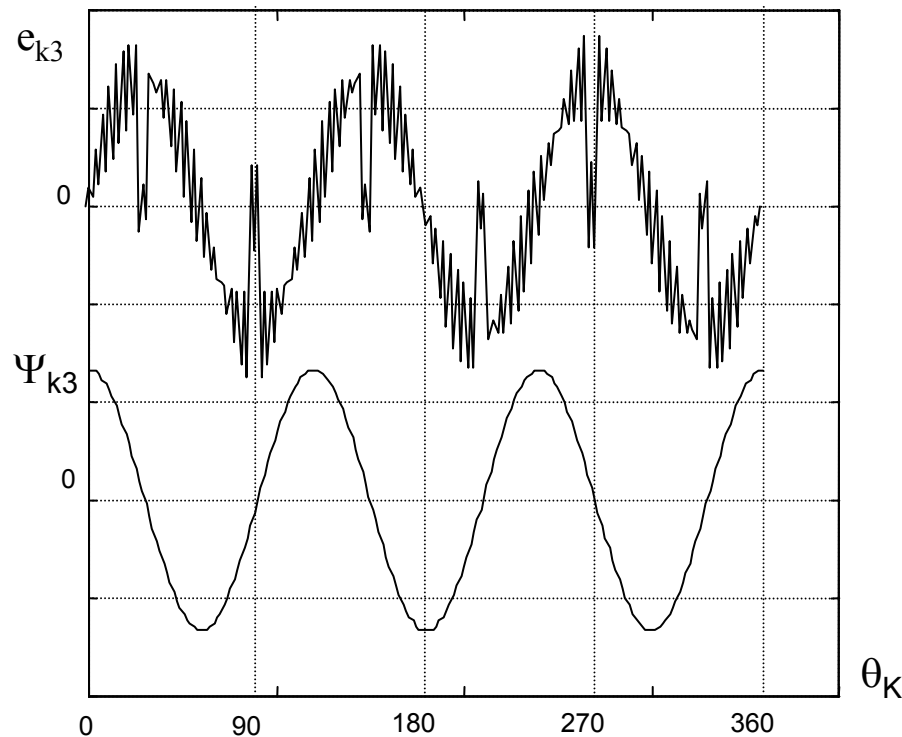
Variația tensiunilor motorului cu poziția rotorului

corespund poziției rotorice de

$$\theta_K = k\pi + \frac{\pi}{6}$$

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

3. măsurarea tensiunii armonice de ordinul trei Dacă nulul înfășurării este accesibil



între cele două nuluri se poate măsura armonica de ordinul trei a tensiunii.

După filtrare se poate calcula fluxul inductor armonica trei. Trecerea prin zero a fluxului se repeta din 60° în 60 .

Variația armonicilor de ordinul trei ale t.e.m. și fluxului cu poziția rotorului.

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

Determinarea poziției din variația inductivității proprii și mutuale.

La motoare la care inductivitatea nu depinde de saturație ci numai de poziția rotorului dacă presupunem ca nu se schimbă mult poziția până când alimentăm fazele cu tensiunile U^+ și U^- și măsurăm după un interval scurt Δt curenții I^+ și I^- , atunci se pot calcula derivatele curenților

$$\frac{di^+}{dt} \quad \frac{di^-}{dt}$$

Scriind ecuația de tensiune pentru tensiunile U^+ și U^- și scăzându-le rezultă ecuația:

$$u_K^+ - u_K^- = 2 \cdot U_K = R_K (i_K^+ - i_K^-) + \sum_{i=1}^K L_{iK} \left(\frac{di_i^+}{dt} - \frac{di_i^-}{dt} \right)$$

Metode indirecte de determinare a poziției rotorului

Efectuând măsurătorile pentru fiecare fază se poate calcula L_{ik} pentru o rotație completă se poate defini o valoare medie L_{iK0} și rezultă variația inductivității de cuplaj:

$$L_{iK} - L_{iK0} = \Delta L_{iK} \sin \theta_K \quad 10$$

de unde se poate calcula poziția rotorului.

este posibilă efectuarea în prealabil amăsurărilor pentru determinarea valorii inductivității cu poziția rotorului și în funcționare, valoarea măsurată se compară cu cele tabelate.

Dacă inductivitățile L_{ik} formează un sistem simetric, atunci folosim proprietatea dată de relația (10), unghiul se poate calcula independent de amplitudine. Astfel această metodă nu necesită cunoașterea parametrilor și deci se poate folosi și în repaus.

Bibliografie

- **Lee P., W., Pollock C.** - Rotor position detection techniques for brush-less permanent magnet and reluctance motor drives. IEEE Ind. App. Soc. 1992, pp. 448-455.
 - **Naidu M., Bose B., K.** - Rotor position estimation scheme of a permanent magnet synchronous machine for high performance variable speed drive. IEEE Ind. App. Soc. 1992, pp. 42-53.
 - **Jufer M.** - Indirect sensors for electric drives. Proceedings EPE'95, pp. 836-841.
 - **Gati A.** - Közvetett helyzetmeghatározás állandó mágnes□, kefenélküli motoros hajtáshoz. Elektrotechnika, 1997, nr. 12, pp.541-544.
 - **Biró Károly, Biró Zoltán**- A villamosgépek forgórész helyzetének meghatározása , Muszaki Szemle, nr 1, 1998 pp, 2-8.
 - **Brösse A**, “Sensorloser Betrieb einer geschalteten Reluktans motors mittels Kalman Filter” *Teza de doctorat, IEM, RWTH Aachen Germania 1998*
 - **Husain I**, “Indirect rotor-position estimation techniques for switched reluctance motors: a review”, *Electromotion*, vol 3, 1996, no2, pp 94-102.
-