

Budowa silnika synchronicznego. - stojan glodni z poosiowym wyięciem, do którego wkłada się lewki uzwojeń, stojan taki sam jak w silniku asynchronicznym (namniki na niego symetryczne uzwojenie trójfazowe). Uzwojenie nasilone napięciem trójfazowym, powstaje wyidealizowane pole magnetyczne $\vec{B}$, które jest polem wirującym. Pole to decyduje o prędkości:

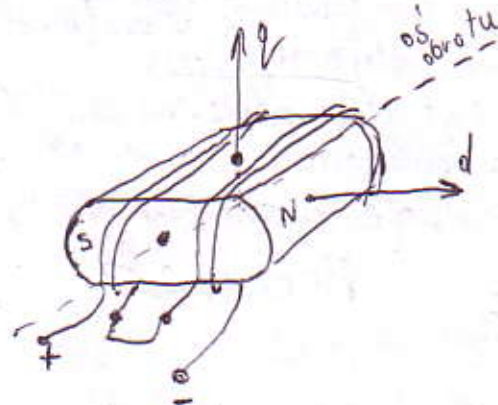
$$\omega = \frac{c\omega_0}{p_6} \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] \quad n = \frac{60 \cdot f \left[\frac{\text{obr}}{\text{min}} \right]}{p_6} \quad \omega_0 = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$p_6$$

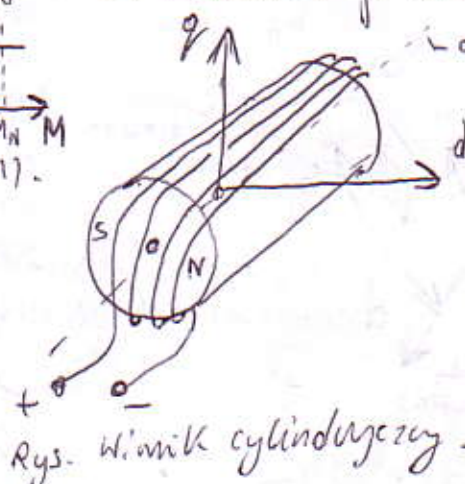
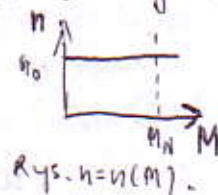
1	2	3	4
5000	1500	1000	750

W zależności od prędkości są dwa rodzaje wirnika.

- Budowa wirnika dla wersji cylindrycznej i jamobiegowej. Na wirniku są dwa uzwojenia, jedno nasilane prądami stojymi, uzwojenie to wypracowane jest na zewnątrz na pomocą dwóch pierścieni i szrotów (pierścienie ustalane wspólnie na wał i odizolowane od siebie), do tych dwóch pierścieni przyłożony jest prąd i koniec uzwojenia wzbudzenia. Szroty są elementami konstrukcyjnymi stojana i należą do pierścieni. Drugie uzwojenie jest uzwojeniem typu klatkowego, konstrukcyjnie takie samo jak klatka maszyny indukcyjnej, czyli w łóbkach pręty połączone na zewnątrz pierścieniami ~~indukcyjnymi~~ zwierającymi. Klatka pełni dwie funkcje: 1) tłumienie kołysań 2) wirnik asynchroniczny.



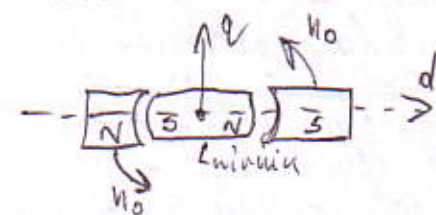
Rys. Wirnik jamobiegowy.



Rys. Wirnik cylindryczny.

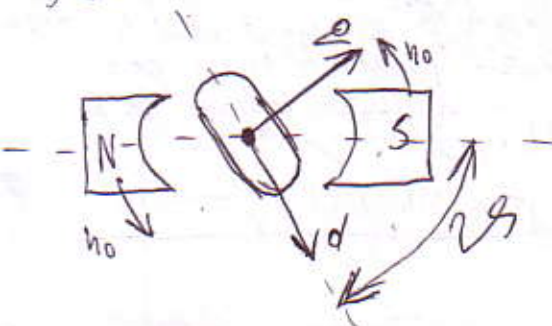
Kąt mocy φ . Moment elektromagnetyczny w silniku synchronicznym jest wynikiem bezpośredniego oddziaływania dwóch pól magnetycznych (wirującego pola stojana i pola magnetycznego). - Tak jak i w magnetycznej kieszce zawsze ustawi się wzdłuż osi wirującego pola magnetycznego.

Stwierdzenie $M_0 = 0$



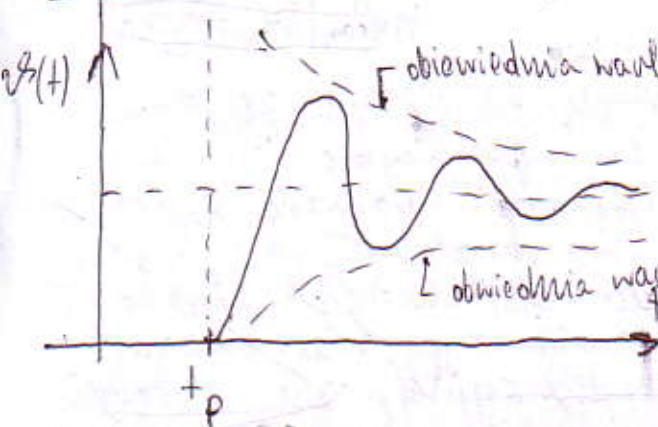
Os pda wirnika ustawi się zgodnie z osią wirującego pda. silnika, które nie mają uzwojenia wzbudzenia czy też magnesów, a mają tylko konstrukcyjne nazywane są silnikami reluktancyjnymi.

Stwierdzenie $M_0 \neq 0$



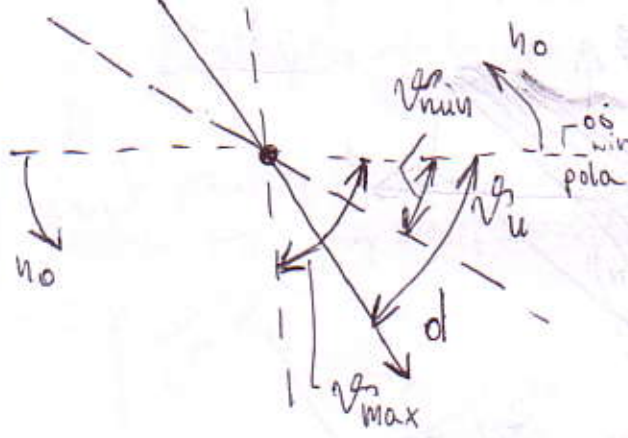
Kąt φ nazywany kątem mocy jest to kąt zawarty pomiędzy osią wirującego pola a osią magnetyczną d. Moment elektromagnetyczny można opisać wzorem $M = C \cdot \sin \varphi$, gdzie $C = C(\omega)$ in- prod wzbudzenia. Jeśli kąt φ wzrośnie do $\frac{\pi}{2}$ to następuje wypadnięcie z synchronizmu.

Wzrostko kołysani występuje zawsze przy nagłej zmianie momentu obciążenia, dodanie do nowego wartości ustalowego związku jest z nieumieralnymi kołysaniami. Wzrostko to jest niebezpieczne, bo po wtorenia dużym obciążeniu kołysaniu silnika może wypaść z synchronizmu.



$\delta_u = \delta(M_0)$ - kąt mocy w stanie ustalonym

Mechanizm kołysania.



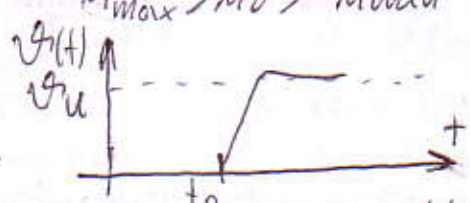
Dla δ_{max} M_{em} jest większy od M_0 ; wirnik rośnie odchylny w kierunku δ_u , δ_u rośnie przekraczając do wartości granicznej δ_{min} ($M_0 > M_{em}$), wirnik rośnie odchylny w kierunku δ_a , kąt δ_u rośnie na skutek bezwładności wirnika przekraczając do kąta δ_{max} ($M_{em} > M_0$) - wirnik rośnie znowu odchylny w kierunku δ_a .

$$M = C \cdot \sin \delta$$

$$\delta_{max} > \delta_u > \delta_{min}$$

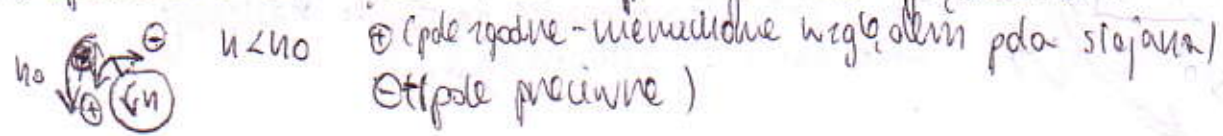
$$M_{max} > M_0 > M_{min}$$

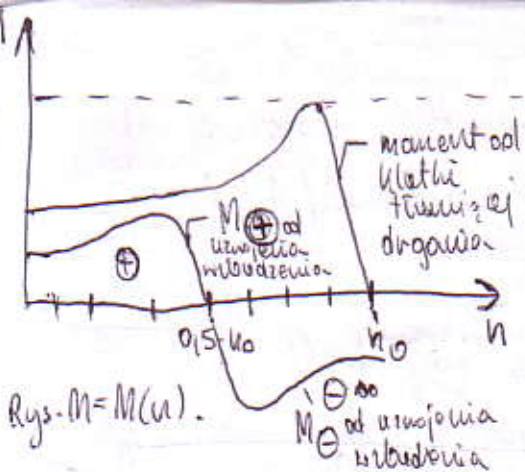
Przy dobrze zaprojektowanej klatce kołysania są niewielkie i ulegają szybkiemu tłumieniu.



Rys. kąt δ przy dobrze zaprojektowanej klatce.

Rozruch asynchroniczny silnika synchronicznego. Głównie rozruch silnika synchronicznego można wykonać na dwa sposoby: 1) rozruch asynchroniczny jak silnik posiada klatkę; 2) rozruch wykorzystujący (jeżeli się posiada falownik).
 Rozruch asynchroniczny - na czas rozruchu uzwojenie wzbudzenia zostaje zwarte przez oporniki (zapobiegając przepięciom) - wzmocnienie to wystąpi gdyby go nie było, jeżeli uzwojenie wzbudzenia byłoby tylko zwarte (bez opornika) to pojawiłby się duży prąd. Nie wolno dokonywać rozruchu przy zasilonym uzwojeniu wzbudzenia. $s = \frac{n_0 - n}{n_0}$ $n = (1-s) \cdot n_0$ $f_1 - f_2$ stojana $f_2 = s \cdot f_1$. W uzwojeniu wzbudzenia płynie prąd o częstotliwości f_2 . Prąd ten wytwarza pole magnetyczne $\vec{B}$ pulsujące, które można rozłożyć na dwa pola o różnych amplitudach wirujących przeciwnie. Jedno z tych pól wiruje zgodnie z wirnikiem, wytwarza takie samo pole jak klatka. Drugie pole może spowodować utknięcie silnika w połowie prędkości.





Rys. $M = M(s)$

Po przekroczeniu prędkości $n = 0,5 \cdot n_0$ może okazać się że moment elektromagnetyczny, który jest sumą użytecznego momentu podłożego od układu i ujemnego momentu może spowodować utknięcie silnika. Moment elektromagnetyczny jest mniejszy od momentu obciążenia.

Moment silnika synchronicznego o cylindrycznym wirniku:

$$M_e = \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{U \cdot E_f \cdot \sin 2\theta}{\sqrt{2} \cdot X_s}$$

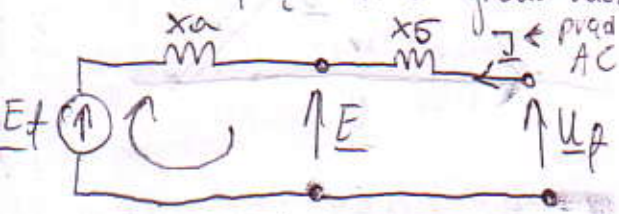
$$P = M_e \cdot \frac{\omega_0}{p_b}$$

$\omega_0 = 2\pi \cdot f$

$\frac{d(U, E_f)}{dt}$ - wielkości fazowe

$\left\{ \begin{array}{l} U_1 \\ U_c \end{array} \right\}$ - układ zgodny faz

Schemat na fazę silnika synchronicznego



E_f - napięcie indukcyjne w każdej fazie przez prąd wzbudzenia
 E - napięcie wewnętrzne
 X_b - reakcyjna rozproszenia stojana
 X_a - reakcyjna oddziaływania wirnika

Rys. schemat na fazę silnika synchronicznego

$$M_e = 3 \cdot \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{U \cdot E_f \cdot \sin 2\theta}{\sqrt{2} \cdot X_s}$$

$\frac{d(U, E_f)}{dt}$ - wielkości fazowe

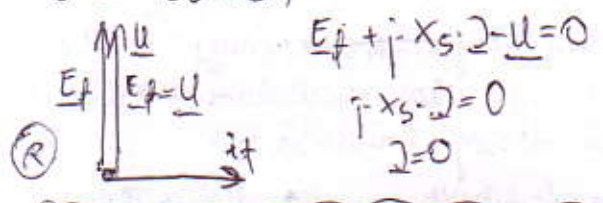
$X_a \gg X_b$ $X_s = X_a + X_b$

X_s - reaktancja synchroniczna

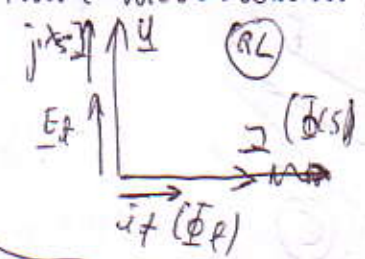
Zuważaj na $X_a \gg X_b \rightarrow E \approx U$ $E_f = X_a \cdot i_f$

Wektory wektory silnika synchronicznego (wzrostki jamobiegunowy)

1. silnik nieobciążony
 $M_0 = 0 \rightarrow (2\theta = 0)$

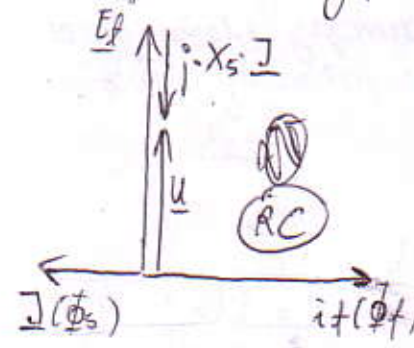


2. silnik niedowładkowy



Przy takim wzbudzeniu prąd pobierany z sieci wspiera pracę silnika. $E + E_f = U$

3. silnik przewładkowy



Polecenie wektora I bierze się z tego że pole przedindukcja pola wzbudzenia, tak że pole wypadkowe pozostaje stałe. (stosuje się w układach do kompensacji mocy biernej "silnik bez wału").

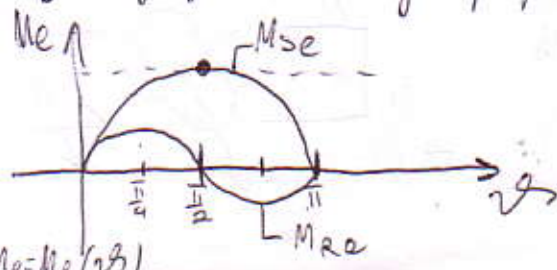
Moment silnika synchronicznego z wirnikiem jamobiegunowym.

$$M_e = 3 \cdot \frac{1}{\omega_0} \cdot \left(\frac{U \cdot E_f \cdot \sin 2\theta}{\sqrt{2} \cdot X_s} + \frac{U^2}{2 \cdot X_d \cdot X_q} \cdot (X_d - X_q) \cdot \sin 2\theta \right)$$

$\frac{d(U, E_f)}{dt}$ - wielkości fazowe

M_{se} - moment synchroniczny M_{re} - moment reluktancyjny

X_d - reaktancja podłużna (impedancja)
 M_{se} - moment synchroniczny
 M_{re} - moment reluktancyjny (wynika z niesymetrii magnetycznej i w wirniku cylindrycznym nie występuje)

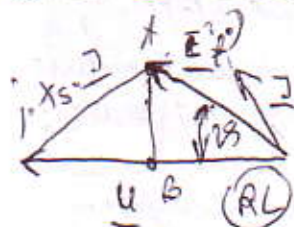


Rys. $M_e = M_e(\theta)$

$$M_e = 3 \cdot \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{U \cdot E_f \cdot \sin 2\theta}{\sqrt{2} \cdot X_s}$$

$P = M_e \cdot \frac{\omega_0}{p_b}$ $P = M_e \cdot \frac{\omega_0}{p_b}$

Wektorowe przy założeniu że silnika synchronicznego przy stałej mocy na wale
 tożsamość nie wynika jest cyklotyczny.

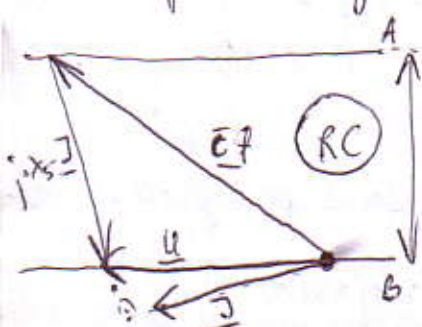


$$\vartheta = \angle(U, E_f)$$

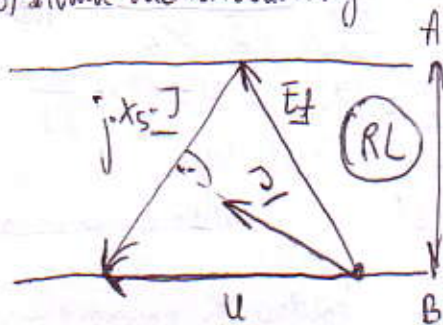
stałość momentu oznacza

$$E_f \cdot \sin \vartheta = \text{const} = |AB|$$

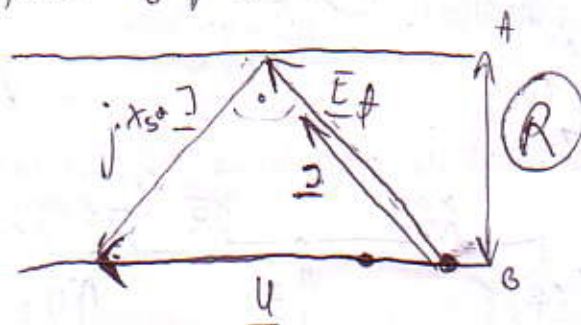
a) silnik przewbudowany



b) silnik niedowbudowany



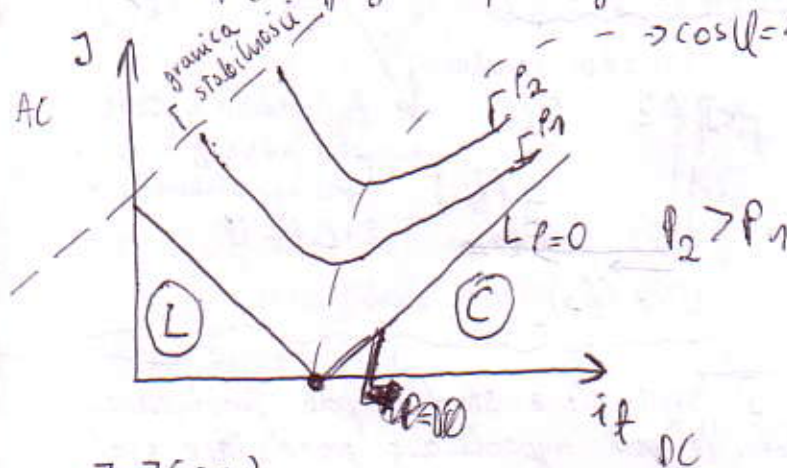
c) silnik gdy $\vartheta = 0$



$$M_e = \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{U \cdot E_f \cdot \sin \vartheta}{\sqrt{2} \cdot X_s} \quad \text{dla } dU, E_f, \text{ przewbudowanych}$$

$$M_e = 3 \cdot \frac{1}{\omega_0} \cdot \frac{U \cdot E_f \cdot \sin \vartheta}{\sqrt{2} \cdot X_s} \quad \text{dla } dU, E_f, \text{ fazowych}$$

Krywe V pokazują zależność między prądem pobieranym przez silnik z sieci a prądem
 wzbudzenia przy stałej mocy na wale (stałym momencie) $E_f \sin \vartheta = \text{const}$



Rys. $J = J(if)$.
 ↑ DC
 ↑ AC

$\rightarrow \cos \vartheta = 1$ - krywa minimalnego prądu, silnik
 pobiera tylko moc czynną.

- przy stałej mocy czynnej (silnik niedowbudowany) silnik synchroniczny zachowuje się jak idealny kondensator
- przy niedowbudowaniu, jeśli idealna cewka.
- punkt który odina obrotów obrotów strzał jest punktem przy którym prąd pobierany z sieci jest równy zero.