

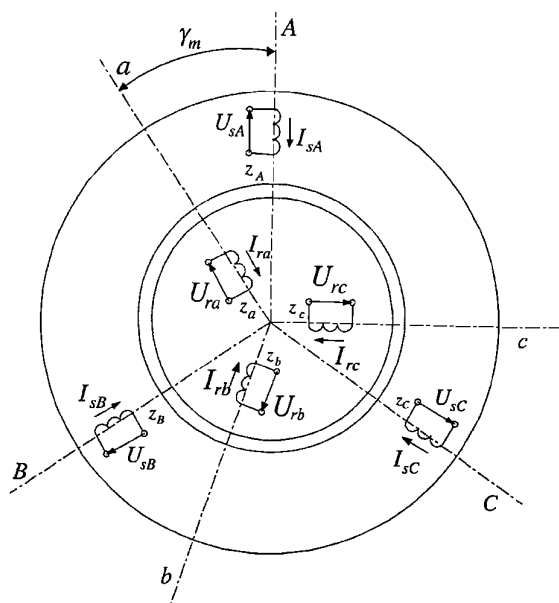
5. Regulacja częstotliwościowa prędkości obrotowej silnika indukcyjnego klatkowego

5.1 Zasada regulacji częstotliwościowej - warunki optymalizacji statycznej;

5.2 Regulacja skalarna prędkości obrotowej (U/f);

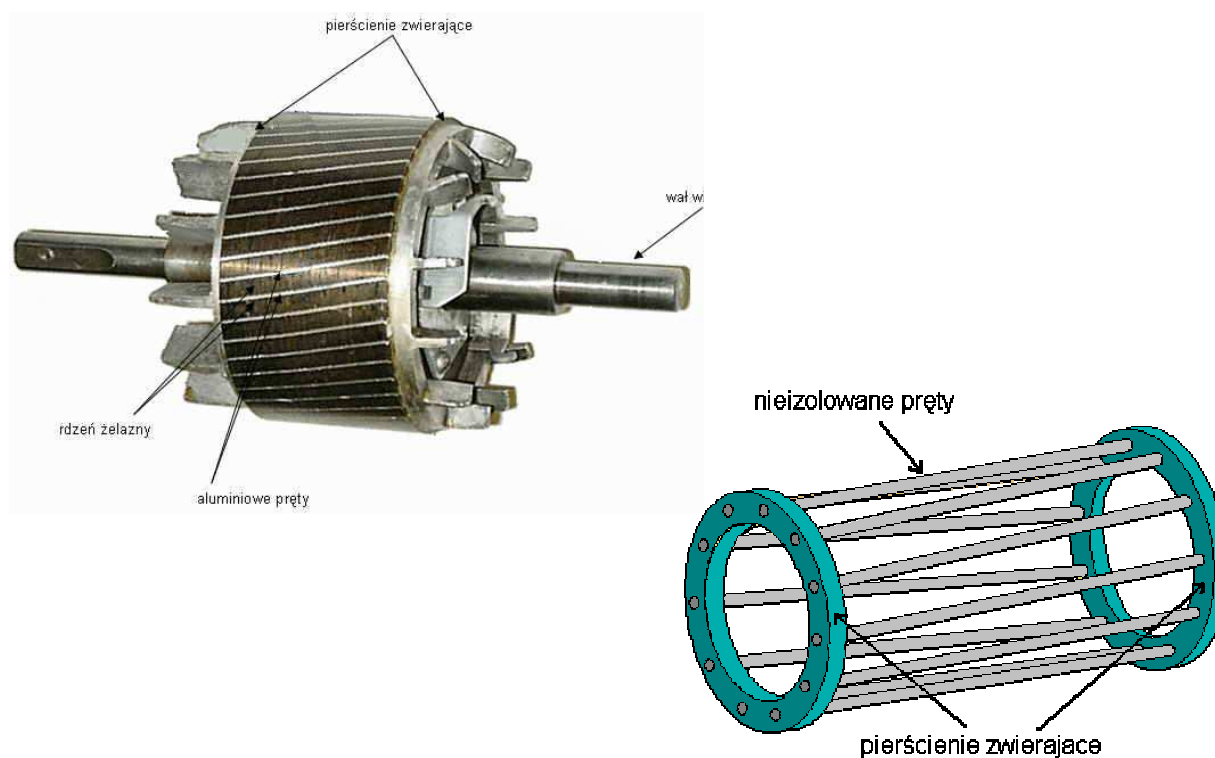
5.3 Regulacja wektorowa prędkości obrotowej

Silnik Indukcyjny Klatkowy – Sterowanie Skalarne

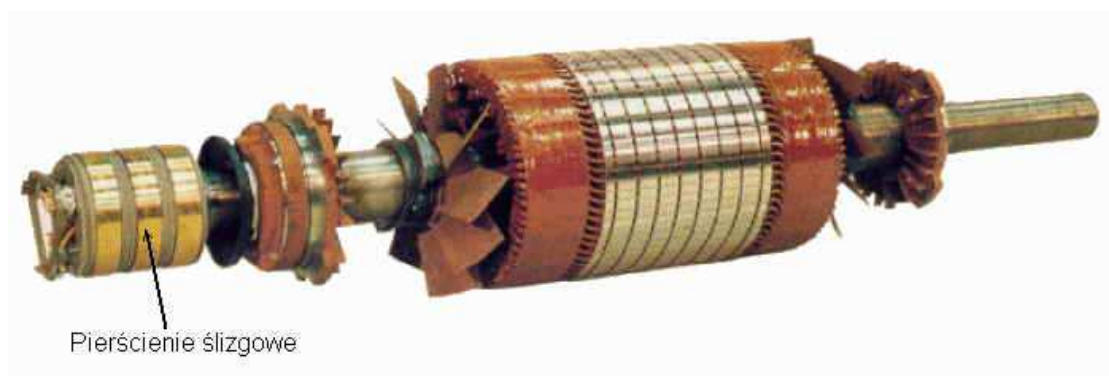


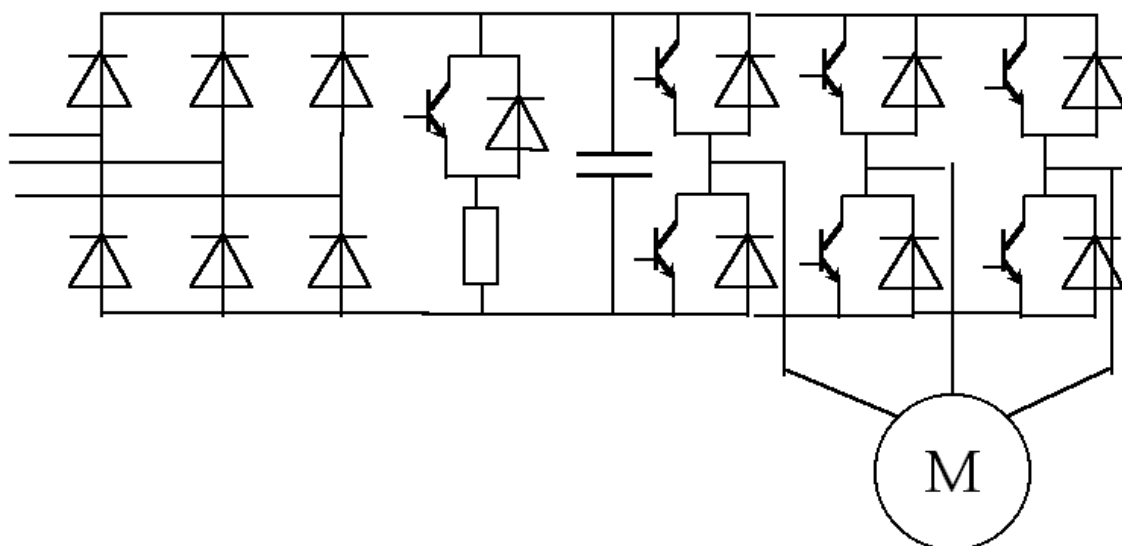
Opis matematyczny silnika indukcyjnego klatkowego

Konstrukcja silnika klatkowego

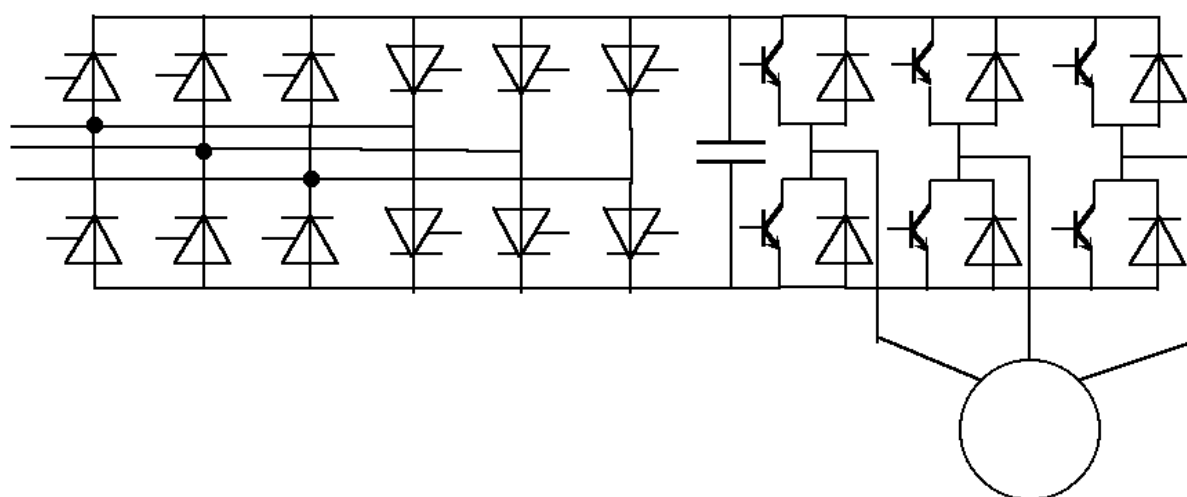


Konstrukcja wirnika silnika pierścieniowego

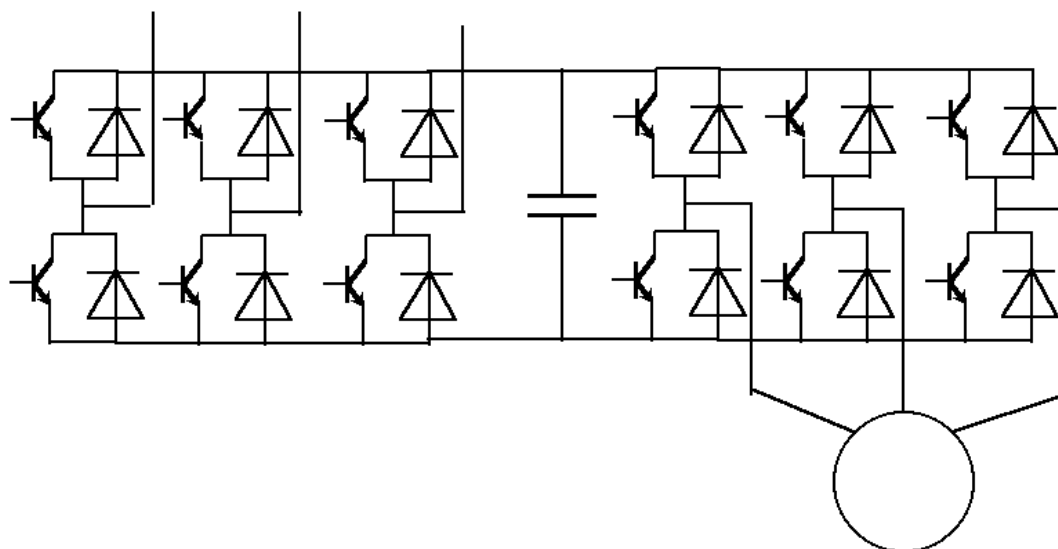




Falownik napięcia z rezystorem hamowania

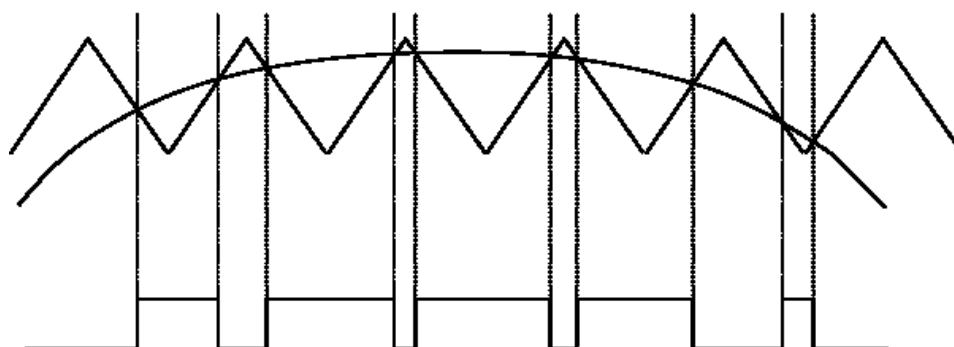
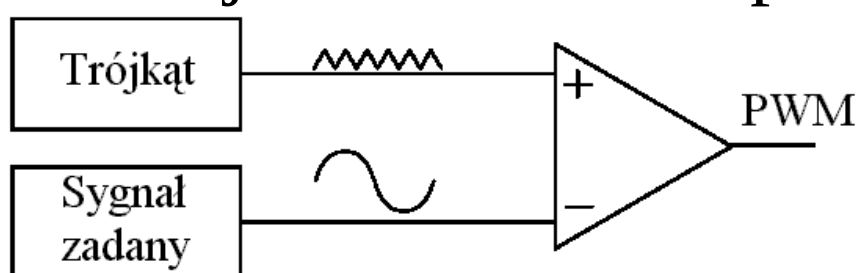


Falownik napięcia ze zwrotem energii do sieci
- nawrotny układ tyrystorowy

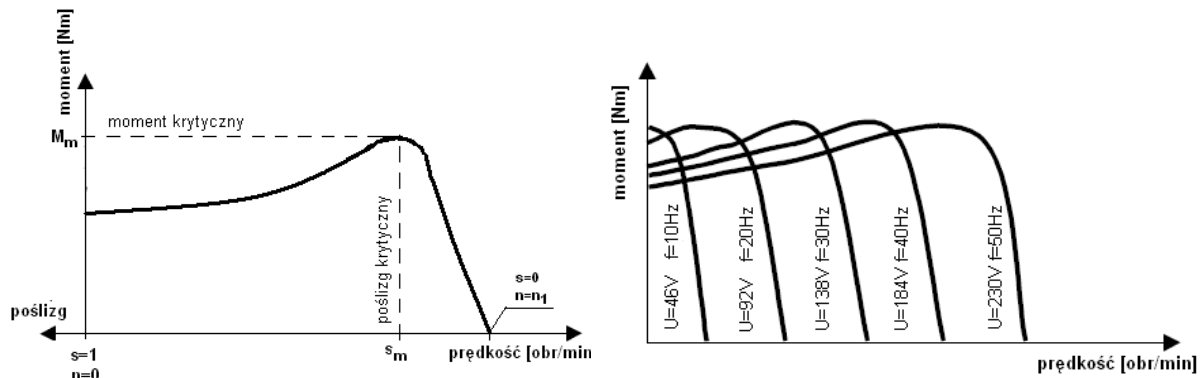


Falownik napięcia ze zwrotem energii do sieci
- tranzystorowy mostek sieciowy

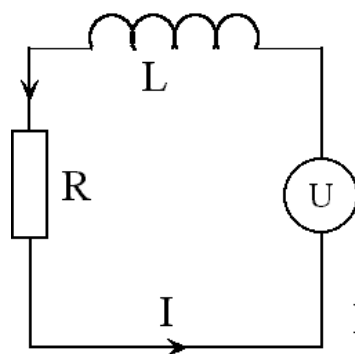
Modulacja szerokości impulsów



Charakterystyki mechaniczne silnika



Związek napięcia z częstotliwością

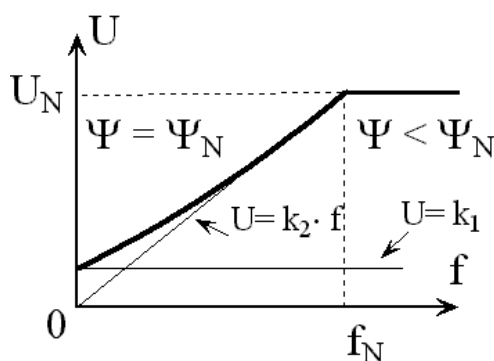


$$U = U_m \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

$$\Psi = L \cdot I$$

$$I = U/Z = U_m / \sqrt{(R^2 + \omega^2 \cdot L^2)}$$



Dla małych $f \Rightarrow I \approx U/R$

$$\Psi = L/R \cdot U \Rightarrow U = \Psi \cdot R/L = k_1$$

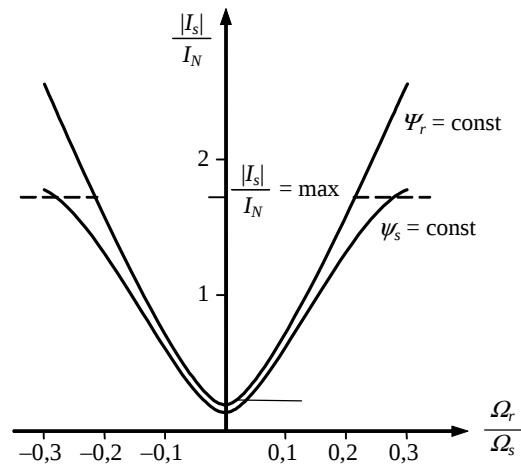
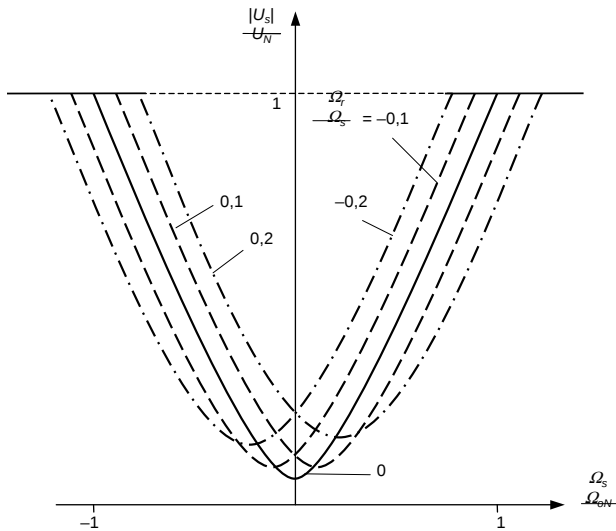
Dla dużych $f \Rightarrow I \approx U/\omega L$

$$\Psi = U/\omega \Rightarrow U = \Psi \cdot \omega = k_2 \cdot f$$

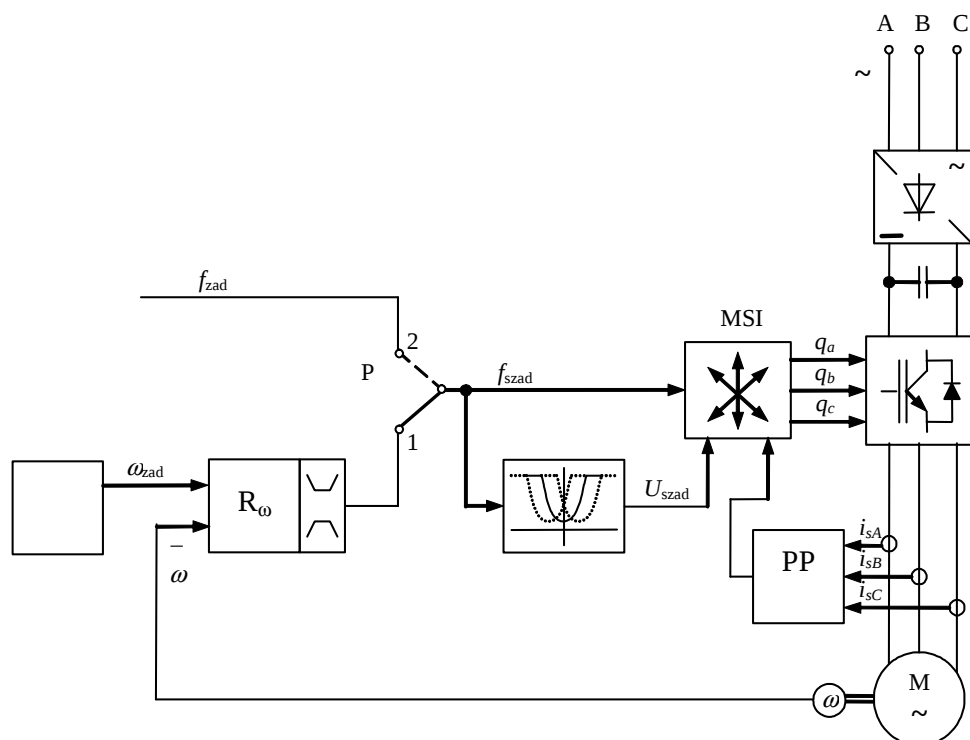
Wykres charakterystyk sterowania amplitudą napięcia stojana w funkcji częstotliwości, oraz prądu w funkcji poślizgu - zapewniające stałą amplitudę strumienia skojarzonego stojana

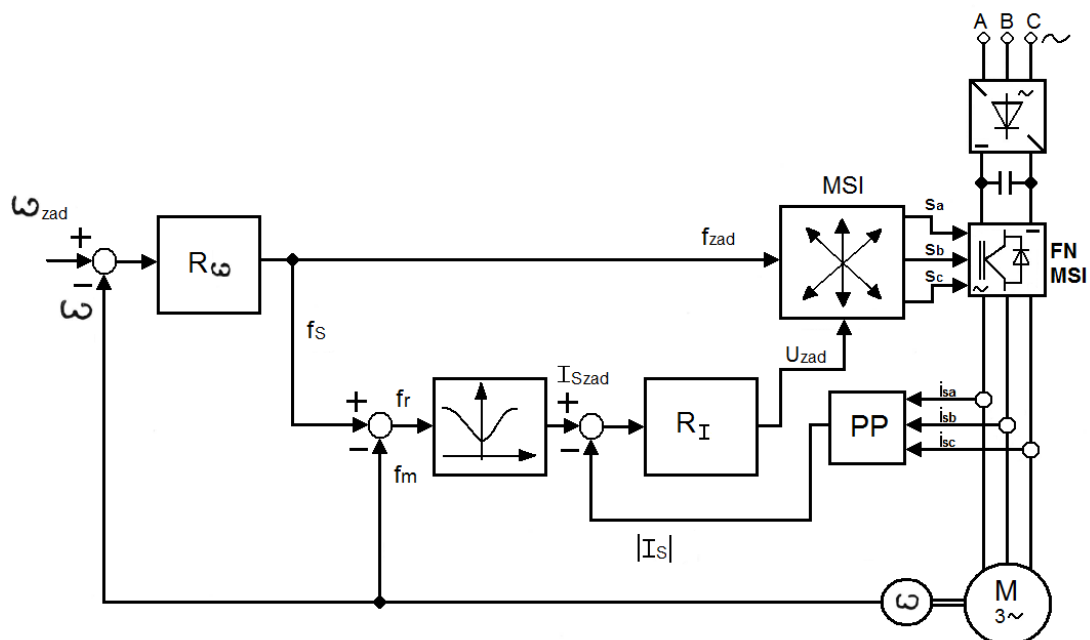
$$|U_s| = f_s \sqrt{1 + \left(\frac{1}{f_s} \frac{R_s}{L_s} \right)^2} \cdot \Psi_{sN}$$

$$|I_s| = \frac{1}{L_m} \sqrt{1 + \left(\frac{L_r}{R_r} \Omega_r \right)^2} \cdot \Psi_{rN}$$



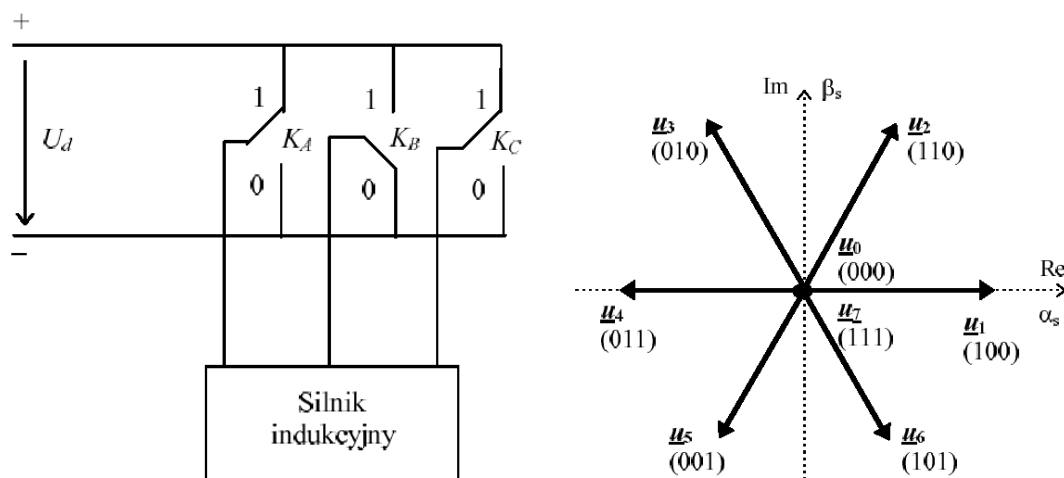
Schemat układu skalarnej regulacji prędkości silnika indukcyjnego klatkowego wg zasady $U/f = \text{const}$. (bez regulacji prądu)



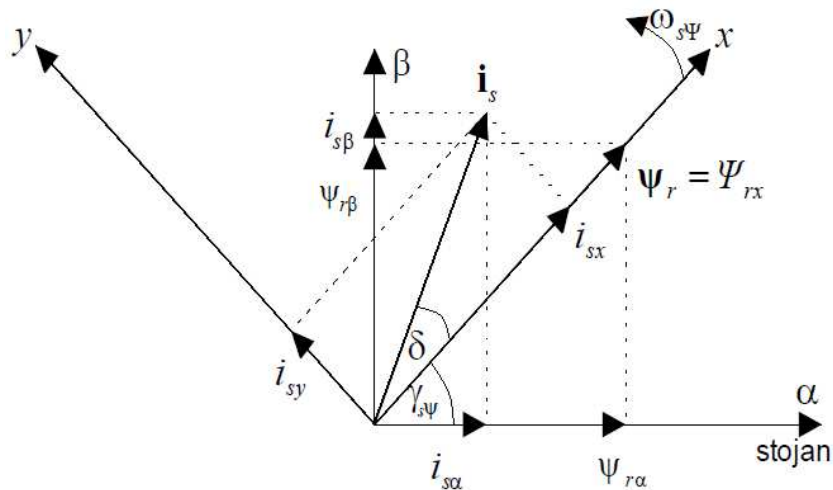


Metoda pośredniego sterowania strumienia silnika klatkowego z uwzględnieniem prądu

Napięcie wyjściowe falownika



Silnik Indukcyjny klatkowy – Sterowanie wektorowe

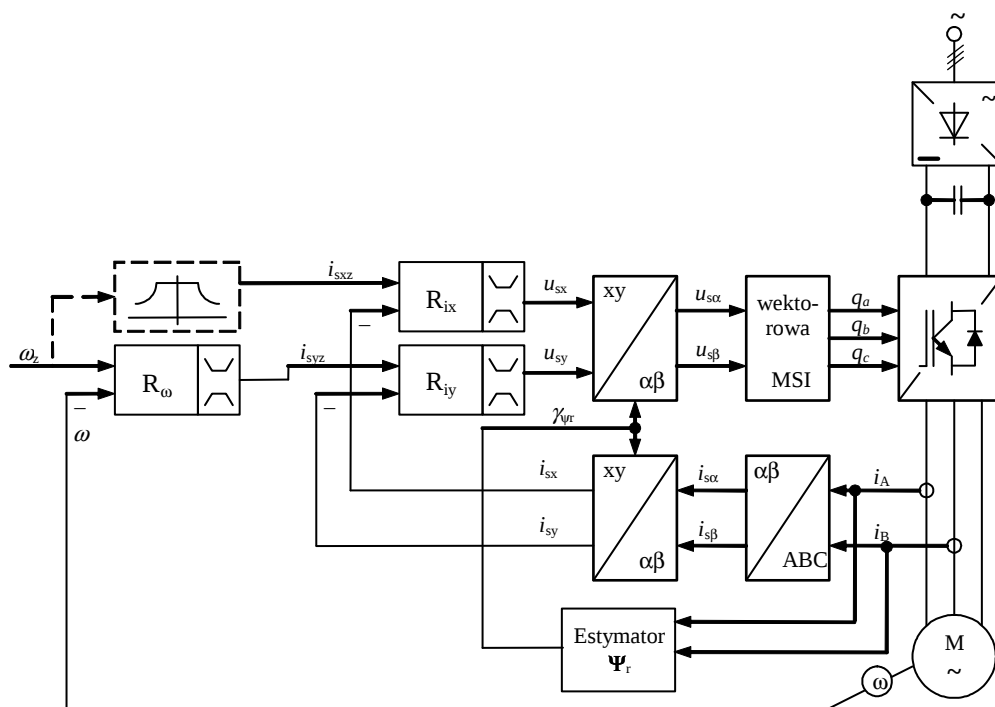


Wykres wektorowy zmiennych stanu silnika we współrzędnych polowych

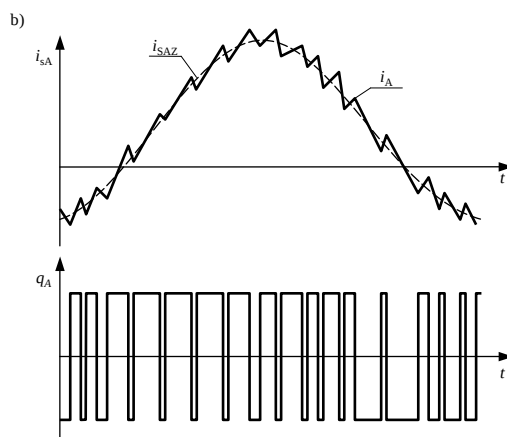
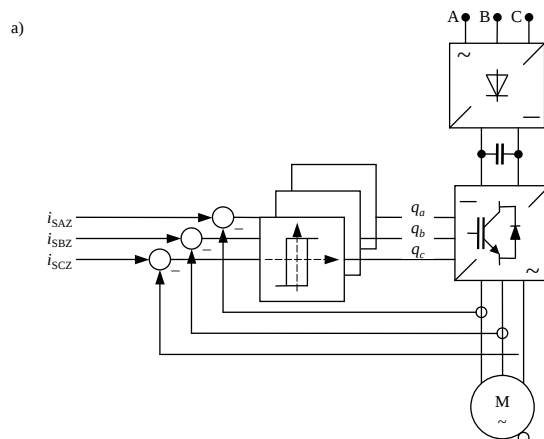
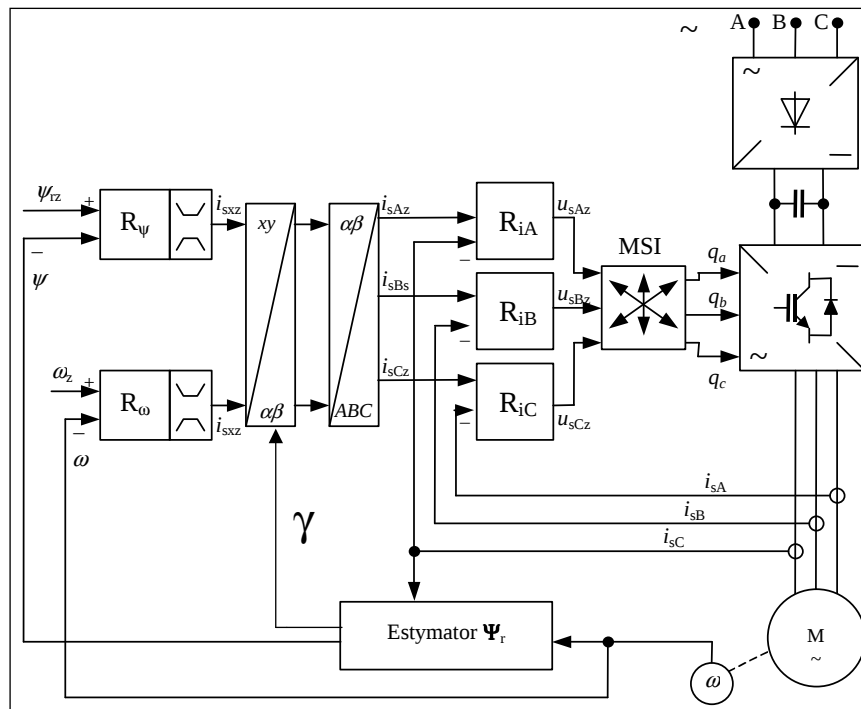
$$i_{sx} = i_{s\alpha} \cos \gamma_{s\Psi} + i_{s\beta} \sin \gamma_{s\Psi}$$

$$i_{sy} = -i_{s\alpha} \sin \gamma_{s\Psi} + i_{s\beta} \cos \gamma_{s\Psi}$$

Schemat układu częstotliwościowej regulacji wektorowej prędkości silnika indukcyjnego klatkowego (DFOC) z regulatorami składowych prądu stojana w osiach x-y

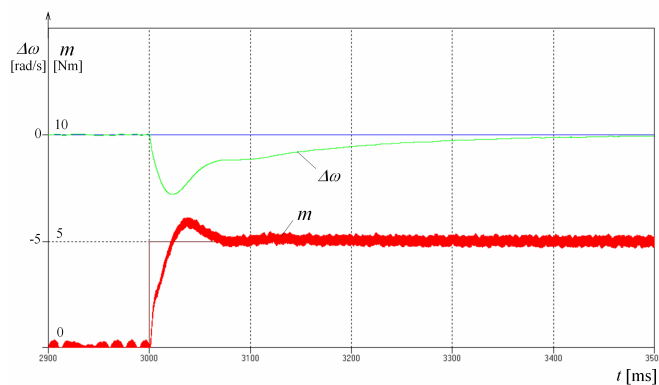
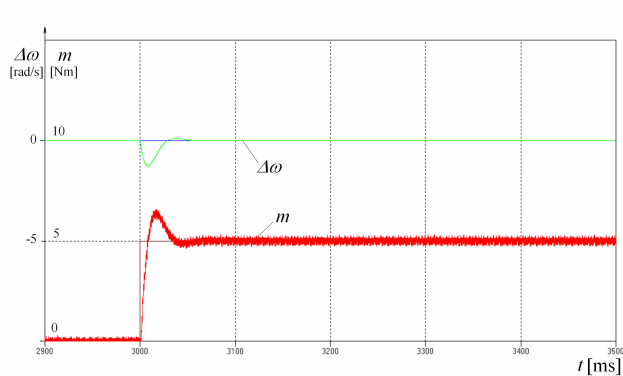


Schemat układu częstotliwościowej regulacji wektorowej prędkości silnika indukcyjnego klatkowego (DFOC) z trzema regulatorami prądów fazowych



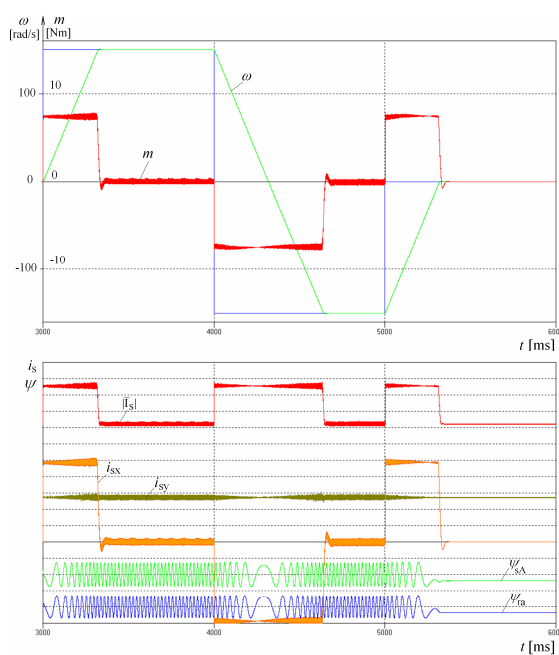
Schemat układu dwupołożeniowych (histerezowych) regulatorów prądów fazowych stojana (a) i przykładowy przebieg prądu fazowego i sygnału sterującego w jednej fazie (b)

Przykładowe przebiegi uchybu prędkości i momentu podczas odpowiedzi układu regulacji skalarnej (b) i wektorowej (a) na skokową zmianę momentu oporowego)

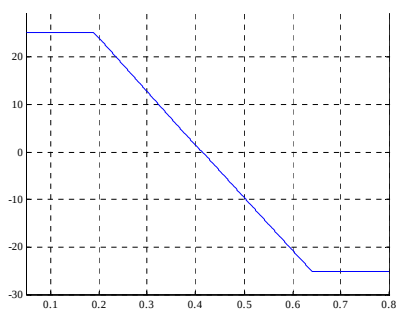
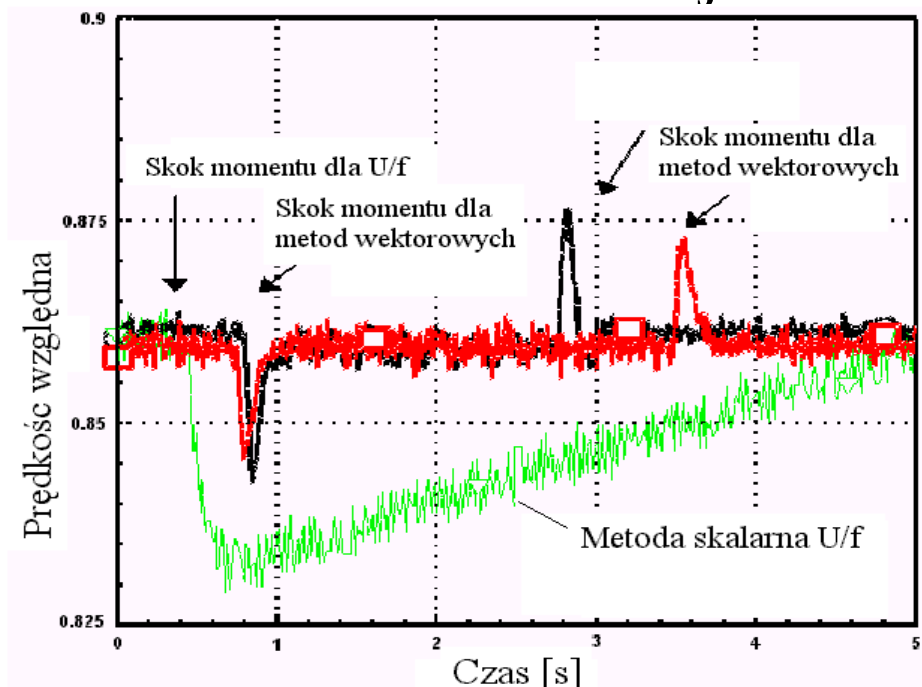


Regulacja wektorowa (a) i skalarna (b)

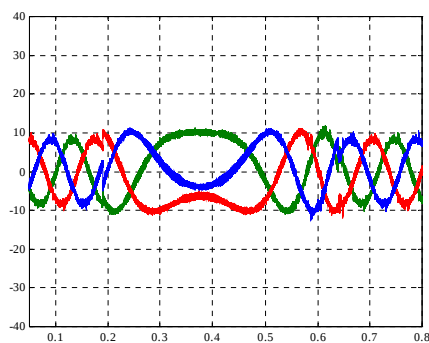
Przykładowe przebiegi prędkości i momentu (a), strumienia stojana i wirnika oraz amplitudy i składowych w osi x i y prądu stojana podczas rozruchu, nawrotu i hamowania układu regulacji wektorowej silnika klatkowego



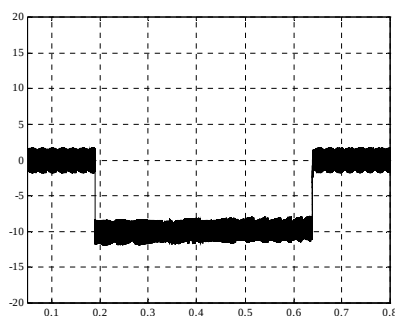
Porównanie dynamiki metod skalarnej i wektorowej



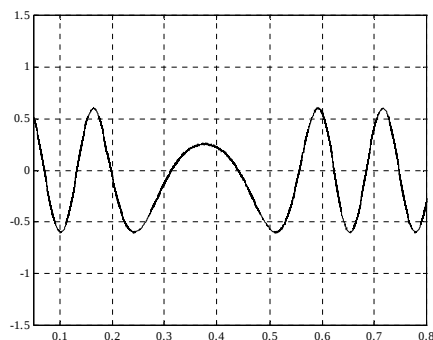
Rys. 5.6.4 Prędkość silnika klatkowego podczas nawrotu z 25rad/s do - 25rad/s przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.



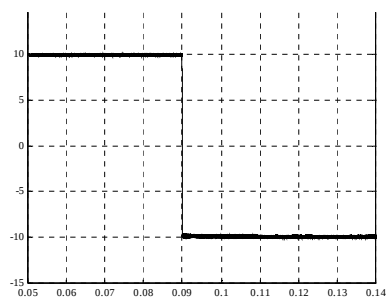
Rys. 5.6.6 Prądy fazowe silnika klatkowego podczas nawrotu z 25rad/s do - 25rad/s przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.



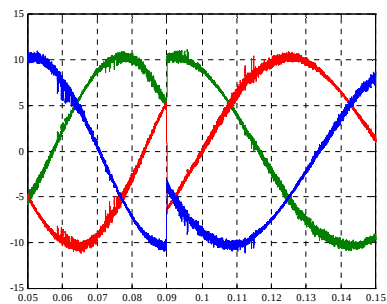
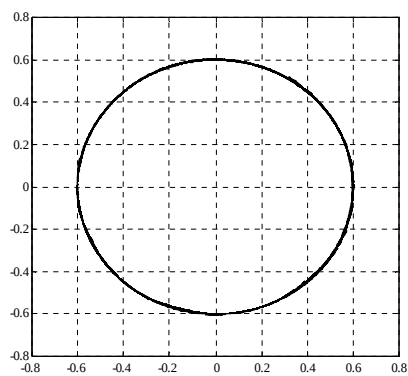
Rys. 5.6.4 Moment silnika klatkowego podczas nawrotu z 25rad/s do - 25rad/s przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.



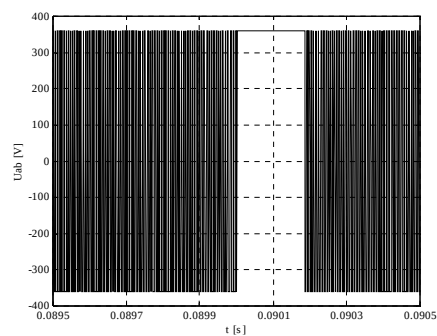
Rys.5.6.8. Składowe strumienia stojana silnika klatkowego podczas nawrotu z 25rad/s do - 25rad/s przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.



Rys. 5.6.10 Moment elektromagnetyczny silnika klatkowego podczas zmiany skokowej wartości momentu zadanego z 10Nm do -10Nm, przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.



Rys. 5.6.11. Prądy fazowe i_a , i_b , i_c silnika podczas zmiany skokowej wartości momentu zadanego z 10Nm do -10Nm, przy klasycznym sterowaniu DTC.



Rys. 5.6.22 Napięcie przewodowe U_{ab} stojana silnika klatkowego podczas zmiany skokowej wartości momentu zadanego z 10Nm do -10Nm, przy tradycyjnym sterowaniu wektorowym DFOC.