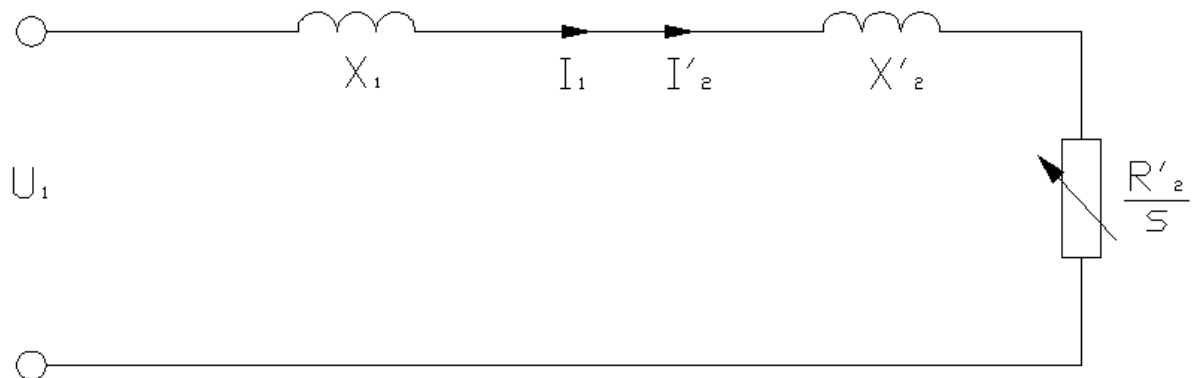


Modele matematyczne maszyny indukcyjnej wykorzystane w programie:

Model 1: uproszczony [6]



Gdzie:

$$X_1 = 2\pi f L_1$$

$$X'_2 = 2\pi f L_2 a^2$$

$$R'_2 = R_2 a^2$$

Dla klarowności przyjmujemy oznaczenia:

$$\underline{Z}_1 = jX_1$$

$$\underline{Z}'_2 = \frac{R'_2}{s} + jX'_2$$

W modelu 1 przyjęto założenie, że $\frac{R'_2}{s} \gg R_1$ i pominięto gałąź poprzeczną ($X_m \parallel R_{FE}$). W takim przypadku moment M_e możemy obliczyć ze wzoru Klossa. Jest on wygodnym uproszczeniem charakterystyki mechanicznej silnika asynchronicznego często używanym do szacowania parametrów maszyny. Równanie Klossa i korespondujący z nim uproszczony model maszyny asynchronicznej stanowią punkt odniesienia dla kolejnych, bardziej rozbudowanych modeli użytych w programie MachChart. Wzbogacając ten najprostszy model o kolejne składowe możemy zaobserwować jaki mają wpływ na kształtowanie się charakterystyk.

$$\underline{Z}_1 = jX_1$$

$$\underline{Z}_2' = \frac{R_2'}{s} + jX_2'$$

\underline{Z}_3 – nie występuje: brak gałęzi poprzecznej

1.) Obliczenie prądu wirnika:

$$\underline{I}_2' = \frac{\underline{U}_1}{\underline{Z}_1 + \underline{Z}_2'}$$

$$I_2 = I_2' * a$$

2.) Obliczenie prądu gałęzi poprzecznej:

Brak gałęzi poprzecznej.

3.) Obliczenie prądu stojana:

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_2'$$

$$I_1 = |\underline{I}_1|$$

4.) Obliczenie wartości momentu:

$$M_e = \frac{2 * M_k}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}$$

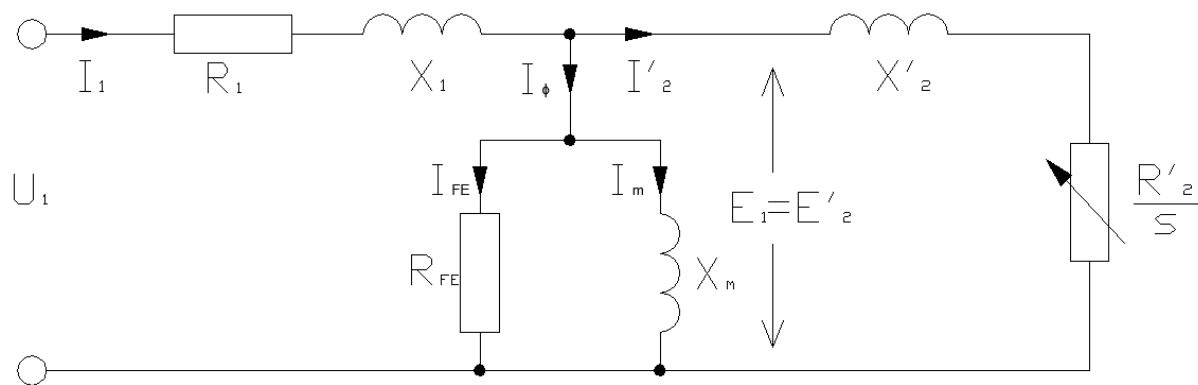
gdzie:

$$s_k = \frac{R_2'}{X_s + X_2'}$$

$$M_k = \frac{3}{\omega_s} \frac{U_1^2}{2(X_1 + X_2')}$$

Model 2: pełny

W tym modelu uwzględniono gałąź poprzeczną składającą się z rezystancji R_{FE} reprezentującej histerezy i wiropędowe straty w rdzeniu i reaktancję magnesowania X_M . Nie pominięto również wpływu rezystancji uzwojeń stojana R_1 .



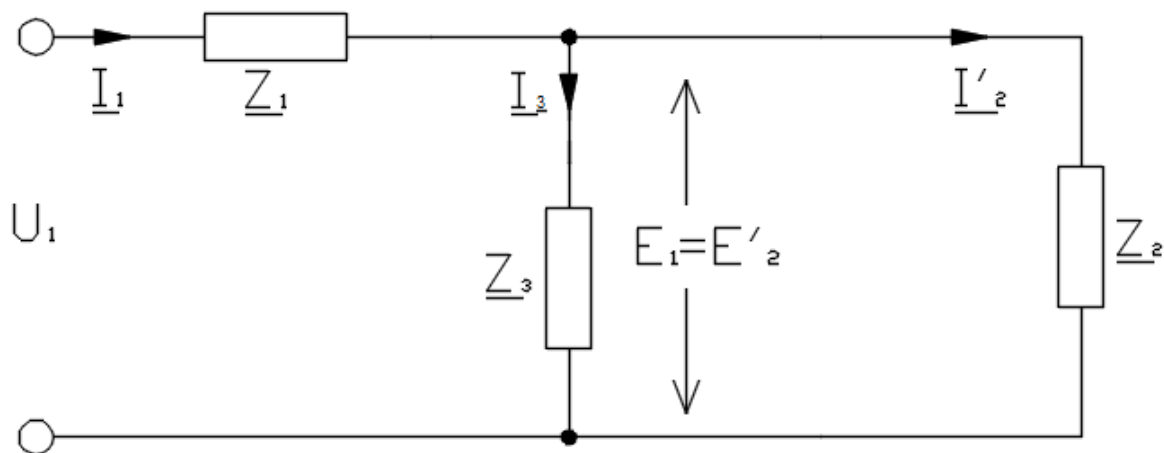
$$X_m = 2\pi f L_m$$

$$X_1 = 2\pi f L_1$$

$$X'_2 = 2\pi f L_2 a^2$$

$$R'_2 = R_2 a^2$$

Dla klarowności obliczeń przygotowano następujący schemat zastępczy:



Gdzie:

$$\underline{Z}_1 = R_1 + jX_1$$

$$\underline{Z}'_2 = \frac{R'_2}{s} + jX'_2$$

$$\underline{Z}_3 = \frac{R_{FE} jX_m}{R_{FE} + jX_m}$$

1.) Obliczenie prądu wirnika:

$$\underline{I_2'} = \frac{\underline{Z_3} \underline{U_1}}{\underline{Z_2} \underline{Z_1} + \underline{Z_3}(\underline{Z_2} + \underline{Z_1})}$$

$$I_2 = I_2' * a$$

2.) Obliczenie prądu gałęzi poprzecznej:

$$\underline{E_2'} = \underline{I_2'} * \underline{Z_2'}$$

$$\underline{I_3} = \frac{\underline{E_2'}}{\underline{Z_3}}$$

$$I_3 = |\underline{I_3}|$$

3.) Obliczenie prądu stojana:

$$\underline{I_1} = \underline{I_2} + \underline{I_3}$$

$$I_1 = |\underline{I_1}|$$

4.) Obliczenie wartości momentu:

$$M_{mec h} = \frac{3}{\omega_{syn}} I_2'^2 \frac{R_2'}{s}$$

5.) Obliczenie mocy pozornej pobieranej przez silnik przypadająca na jedną fazę:(część rzeczywista iloczynu zespolonego napięcia wejściowego i zespolonego sprzężonego prądu stojana):

$$\underline{S_{1 f1}} = \underline{U_1} \underline{I_1}^*$$

6.) Obliczenie mocy czynnej pobieranej przez silnik przypadająca na jedną fazę (część rzeczywista mocy pozornej):

$$P_{1 f1} = Re(\underline{S_{1 f1}})$$

i całkowita:

$$P_1 = 3 * P_{1 f1}$$

7.) Obliczenie mocy biernej pobieranej przez silnik przypadająca na jedną fazę (część urojona mocy pozornej):

$$Q_{1 f1} = Im(\underline{S_{1 f1}})$$

i całkowita:

$$Q_{1 f1} = 3 * Q_{1 f1}$$

8.) Obliczenie współczynnika mocy wejściowej (argument zespolonej mocy pozornej):

$$\cos\varphi = \arg(\underline{S}_1)$$

Model 3: pełny z uwzględnieniem nieliniowości obwodu magnetycznego

Schemat zastępczy pozostaje taki sam jak przy modelu 2. Charakterystyka magnesowania rdzenia jest aproksymowana zależnością[6]:

$$\varphi = \frac{I_m}{a|I_m| + (1-a)} \quad \text{gdzie } a \approx 0,55 \div 0,65$$

Do obliczeń zastosowano metodę numeryczną kolejnych przybliżeń. Podejście takie umożliwia uwzględnienie nieliniowości obwodu magnetycznego przy zastosowaniu liczb zespolonych.

Zależności z modelu 2 pozostają w użyciu. Algorytm obliczeń jest następujący:

1. Do obliczeń zakładamy pewną wartość indukcyjności magnesowania rdzenia L_m . Na jej podstawie wyznaczamy X_m :

$$X_m = 2\pi f L_m$$

2. Po obliczeniu prądu \underline{I}_2' obliczamy napięcie indukowane w uzwojeniach strony wtórnej spowodowane na stronę pierwotną E_2' :
3. Na podstawie tego możemy wyznaczyć prąd magnesujący:

$$I_m = \frac{E_2'}{X_m}$$

4. Z przedstawionej wcześniej zależności aproksymującej magnesowanie rdzenia, dla obliczonego prądu I_m wyznaczamy odpowiadający mu strumień φ .
5. Dzieląc otrzymany strumień przez prąd I_m otrzymujemy indukcyjność $L_{m \text{ obl}}$:

$$L_{m \text{ obl}} = \frac{\varphi}{I_m}$$

6. Porównujemy L_m i $L_{m \text{ obl}}$. Jeżeli odbiegają od siebie o więcej niż założony procent - powracamy do punktu 1. za L_m przyjmując $L_{m \text{ obl}}$. Jeżeli wynik jest satysfakcjonujący przystępujemy do obliczenia reszty wartości występujących w obwodzie.