

Лабораторна робота 4
Математична модель асинхронної електричної машини
у двофазній неперетвореній системі координат

Схема моделі представлена на рис. 1 і відрізняється раніше розглянутих моделей тим, що ротор може обертатися, що призводить до зміни магнітного зв'язку між статора обмоток і ротора в залежності від кута повороту.

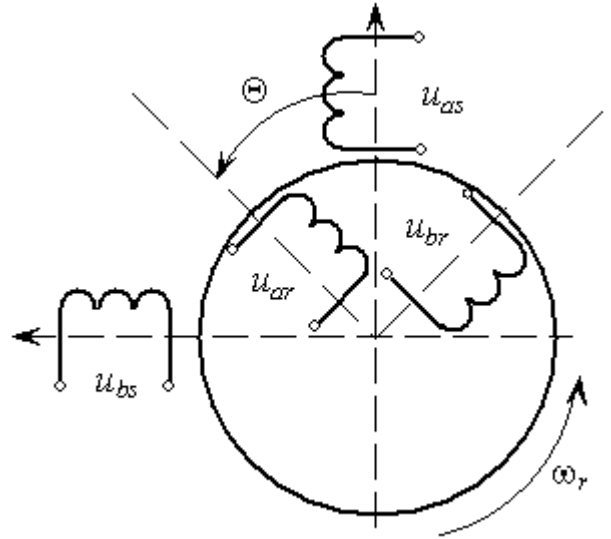


Рис. 1

Напруги на обмотках статора та ротора:

$$\begin{aligned} u_{as} &= i_{as}r_{as} + \frac{d\Psi_{as}}{dt}; \quad u_{bs} = i_{bs}r_{bs} + \frac{d\Psi_{bs}}{dt}; \\ u_{ar} &= i_{ar}r_{ar} + \frac{d\Psi_{ar}}{dt}; \quad u_{br} = i_{br}r_{br} + \frac{d\Psi_{br}}{dt}, \end{aligned}$$

де $u_{as}, u_{bs}, u_{ar}, u_{br}$ – відповідно напруги на обмотках статора та ротора по осях а та b, $i_{as}, i_{bs}, i_{ar}, i_{br}$ - струми в обмотках статора та ротора, $\Psi_{as}, \Psi_{bs}, \Psi_{ar}, \Psi_{br}$ - Потокосцеплення обмоток.

Потокосцеплення обмоток статора та ротора:

$$\begin{aligned} \Psi_{as} &= L_{as}i_{as} + Mi_{ar} \cos \theta - Mi_{br} \sin \theta; \\ \Psi_{bs} &= L_{bs}i_{bs} - Mi_{ar} \sin \theta - Mi_{br} \cos \theta; \\ \Psi_{ar} &= L_{ar}i_{ar} + Mi_{as} \cos \theta - Mi_{bs} \sin \theta; \\ \Psi_{br} &= L_{br}i_{br} - Mi_{as} \sin \theta - Mi_{bs} \cos \theta, \end{aligned}$$

де $L_{as}, L_{bs}, L_{ar}, L_{br}$ - повні індуктивності обмоток статора і ротора, М - взаємна індуктивність обмоток при збігу напрямків осей; θ - Кут повороту ротора щодо статора.

Похідні потокозчеплень за часом:

$$\begin{aligned}\frac{d\Psi_{as}}{dt} &= L_{as} \frac{di_{as}}{dt} + M \cos \theta \frac{di_{ar}}{dt} - Mi_{ar} \omega \sin \theta - M \sin \theta \frac{di_{br}}{dt} - Mi_{br} \omega \cos \theta ; \\ \frac{d\Psi_{bs}}{dt} &= L_{bs} \frac{di_{bs}}{dt} - M \sin \theta \frac{di_{ar}}{dt} - Mi_{ar} \omega \cos \theta - M \cos \theta \frac{di_{br}}{dt} + Mi_{br} \omega \sin \theta ; \\ \frac{d\Psi_{ar}}{dt} &= L_{ar} \frac{di_{ar}}{dt} + M \cos \theta \frac{di_{as}}{dt} - Mi_{as} \omega \sin \theta - M \sin \theta \frac{di_{bs}}{dt} - Mi_{bs} \omega \cos \theta ; \\ \frac{d\Psi_{br}}{dt} &= L_{br} \frac{di_{br}}{dt} - M \sin \theta \frac{di_{as}}{dt} - Mi_{as} \omega \cos \theta - M \cos \theta \frac{di_{bs}}{dt} + Mi_{bs} \omega \sin \theta\end{aligned}$$

Електромагнітний момент:

$$M_{\text{э}} = \frac{mp}{2} M [\sin \theta (i_{bs} i_{br} - i_{as} i_{ar}) + \cos \theta (i_{bs} i_{ar} - i_{as} i_{br})],$$

де m - Число фаз електричної машини, p - Число пар полюсів.

У виразах визначення похідних потокозчеплень за часом присутній кут повороту θ . Відомо

що $\theta = \int \omega dt$.

Підсумкова система рівнянь може бути записана у вигляді:

$$\begin{aligned}\frac{di_{as}}{dt} &= (u_{as} - i_{as} r_s) k_2 - k_1 k_2 Mi_{bs} \omega + \\ &+ [Mi_{br} \omega - (u_{ar} - i_{ar} r_r) k_1] k_2 \cos \theta + [Mi_{ar} \omega + (u_{br} - i_{br} r_r) k_1] k_2 \sin \theta \\ \frac{di_{bs}}{dt} &= (u_{bs} - i_{bs} r_s) k_2 + k_1 k_2 Mi_{as} \omega + \\ &+ [Mi_{ar} \omega + (u_{br} - i_{br} r_r) k_1] k_2 \cos \theta - [Mi_{br} \omega - (u_{ar} - i_{ar} r_r) k_1] k_2 \sin \theta \\ \frac{di_{ar}}{dt} &= (u_{ar} - i_{ar} r_r) k_4 - k_3 k_4 Mi_{br} \omega + \\ &+ [Mi_{bs} \omega - (u_{as} - i_{as} r_s) k_3] k_4 \cos \theta + [Mi_{as} \omega + (u_{bs} - i_{bs} r_s) k_3] k_4 \sin \theta \\ \frac{di_{br}}{dt} &= (u_{br} - i_{br} r_r) k_4 + k_3 k_4 Mi_{ar} \omega \\ &+ [Mi_{as} \omega + (u_{bs} - i_{bs} r_s) k_3] k_4 \cos \theta - [Mi_{bs} \omega - (u_{ar} - i_{ar} r_r) k_3] k_4 \sin \theta\end{aligned}$$

де коефіцієнти мають такий вигляд:

$$k_1 = M / L_r, k_2 = 1 / (L_s - M^2 / L_r) = 1 / (L_s - M k_1)$$

$$k_3 = M / L_s, k_4 = 1 / (L_r - M^2 / L_s) = 1 / (L_r - M k_3)$$

Система замикається рівняннями:

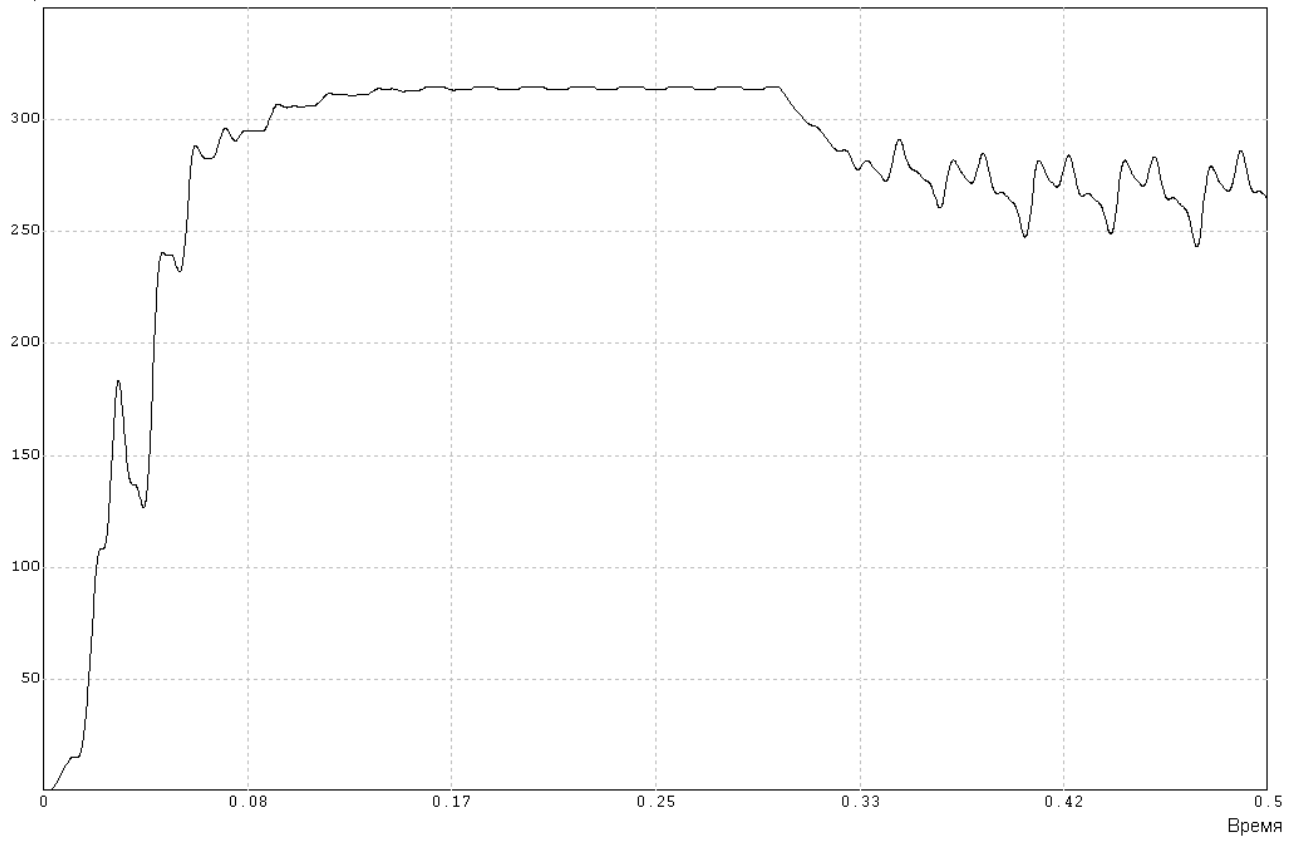
$$M_{\text{э}} = \frac{mp}{2} M [(i_{bs} i_{br} - i_{as} i_{ar}) \sin \theta + (i_{bs} i_{ar} - i_{as} i_{br}) \cos \theta]$$

$$\frac{d\omega}{dt} = M_{\text{э}} / J \pm M_c / J_c$$

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega$$

Частота

Переменная



График

Переменная

