

СТРУКТУРИ РОЗШИРЕНИХ МОДЕЛЕЙ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА В ЗОРІЄНТОВАНИХ ЗА ПОЛЕМ СТАТОРА КООРДИНАТАХ

Приймак Б.І., ст. викладач, к.т.н., Благодір В.О., студент

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Математична модель ідеалізованого асинхронного двигуна (АД), яка широко використовується в задачах аналізу та синтезу систем керування асинхронним приводом [1], не враховує магнітних втрат в осерді статора та ротора, що називаються втратами у сталі чи залізі двигуна. Однак останнім часом увага фахівців до вивчення впливу втрат у залізі на процеси керування АД зростає [2-3]. На сьогодні актуальною є отримання розширених математичних моделей АД завдяки врахуванню втрат у залізі для орієнтування рухомих координат за вектором потокозчеплення статора при живленні двигуна від інвертора напруги. У асинхронному приводі орієнтування координат за полем статора є доцільним в деяких практичних застосуваннях [1]. Особливістю таких систем є інваріантність до змін опору ротора АД.

Дана праця є продовженням зроблених в [4] досліджень. Тут побудовано структурні схеми АД із втратами у залізі для двох векторів стану.

Мета дослідження. Метою даної праці є отримання структурних схем моделей АД для двох векторів змінних стану із врахуванням втрат потужності у залізі в зорієнтованих за потокозчепленням статора координатах.

Отримання структур АД. Симетричний АД з короткозамкненим або фазним ротором, статор якого живиться від джерела синусоїдальної напруги, у системі координат (d,q) при врахуванні втрат у залізі може бути описаний сукупністю диференціальних та алгебричних рівнянь [2,4]:

$$U_{sd} = R_s I_{sd} + d\Psi_{sd}/dt - \omega_0 \Psi_{sq}; \quad U_{sq} = R_s I_{sq} + d\Psi_{sq}/dt + \omega_0 \Psi_{sd}; \quad (1)$$

$$0 = R_r I_{rd} + d\Psi_{rd}/dt - (\omega_0 - z_p \omega) \Psi_{rq}; \quad 0 = R_r I_{rq} + d\Psi_{rq}/dt + (\omega_0 - z_p \omega) \Psi_{rd}; \quad (2)$$

$$R_z I_{zd} = d\Psi_{md}/dt - \omega_0 \Psi_{mq}; \quad R_z I_{zq} = d\Psi_{mq}/dt + \omega_0 \Psi_{md}; \quad (3)$$

$$I_{md} + I_{zd} = I_{sd} + I_{rd}; \quad I_{mq} + I_{zq} = I_{sq} + I_{rq}; \quad (4)$$

$$\Psi_{sd} = L_{s\sigma} I_{sd} + L_m I_{md}; \quad \Psi_{sq} = L_{s\sigma} I_{sq} + L_m I_{mq}; \quad (5)$$

$$\Psi_{rd} = L_{r\sigma} I_{rd} + L_m I_{md}; \quad \Psi_{rq} = L_{r\sigma} I_{rq} + L_m I_{mq}; \quad (6)$$

$$\Psi_{md} = L_m I_{md}; \quad \Psi_{mq} = L_m I_{mq}; \quad (7)$$

$$M_E = (3/2) z_p (L_m / L_r) [\Psi_{rd} (I_{sq} - I_{zq}) - \Psi_{rq} (I_{sd} - I_{zd})]; \quad (8)$$

$$M_E - M_H = J d\omega/dt, \quad (9)$$

де змінними є проекції на осі координат узагальнених векторів напруги статора $\bar{U}_s$, струмів статора $\bar{I}_s$, ротора $\bar{I}_r$, намагнічування $\bar{I}_m$ та струму у колі втрат у залізі $\bar{I}_z$; потокозчеплень статора $\bar{\Psi}_s$, ротора $\bar{\Psi}_r$ та головного потокозчеплення $\bar{\Psi}_m$; ω_0 – швидкість обертання координат (d,q) ; M_E – момент двигуна; M_H – момент навантаження; J – сумарний момент інерції АД; z_p – кількість пар

поліосів двигуна; ω – кутова швидкість обертання ротора; R_s, R_r – відповідно активні опори фаз статора та ротора, зведеного до статора; R_z – еквівалентний активний опір, що відображає магнітні втрати потужності у залізі двигуна; L_m – взаємна індуктивність між статором та ротором; $L_s = L_m + L_{s\sigma}, L_r = L_m + L_{r\sigma}$ – повні індуктивності фаз, а $L_{s\sigma}, L_{r\sigma}$ – індуктивності розсіювання статора та ротора відповідно. Опір R_z в (3) є змінною величиною.

Орієнтування координат (d,q) за $\bar{\Psi}_s$ математично виражається як

$$\Psi_{sq}=0; \quad d\Psi_{sq}/dt=0; \quad \Psi_{sd}=|\bar{\Psi}_s|. \quad (10)$$

В роботі [4] отримано математичний опис АД для вектора стану $\bar{x} = \bar{x}_1 = [\Psi_{sd}, \Psi_{sq}, I_{sd}, I_{sq}, I_{zd}, I_{zq}, \omega]^T$ в координатах, зорієнтованих за $\bar{\Psi}_s$. Для даного опису побудовано структурну схему, яка зображена на рис. 1.

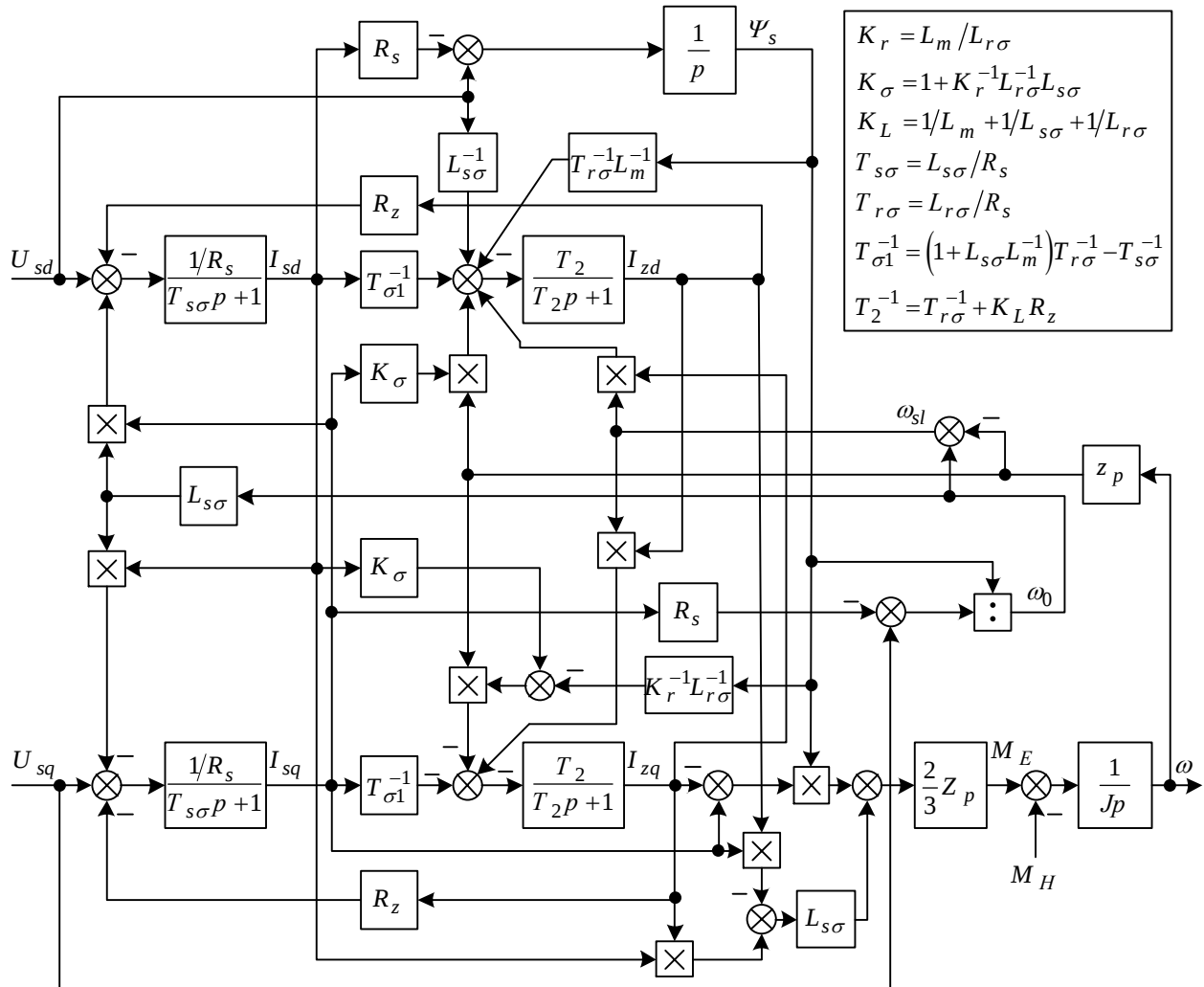


Рисунок 1 – Структурна схема моделі АД із втратами у залізі в зорієнтованих за $\bar{\Psi}_s$ координатах для вектора стану $\bar{x}_1$

Також отримано структурну схему АД для вектора змінних стану $\bar{x} = \bar{x}_2 = [\Psi_{sd}, \Psi_{sq}, I_{sd}, I_{sq}, I_{rd}, I_{rq}, \omega]^T$, яка зображена на рис. 2.

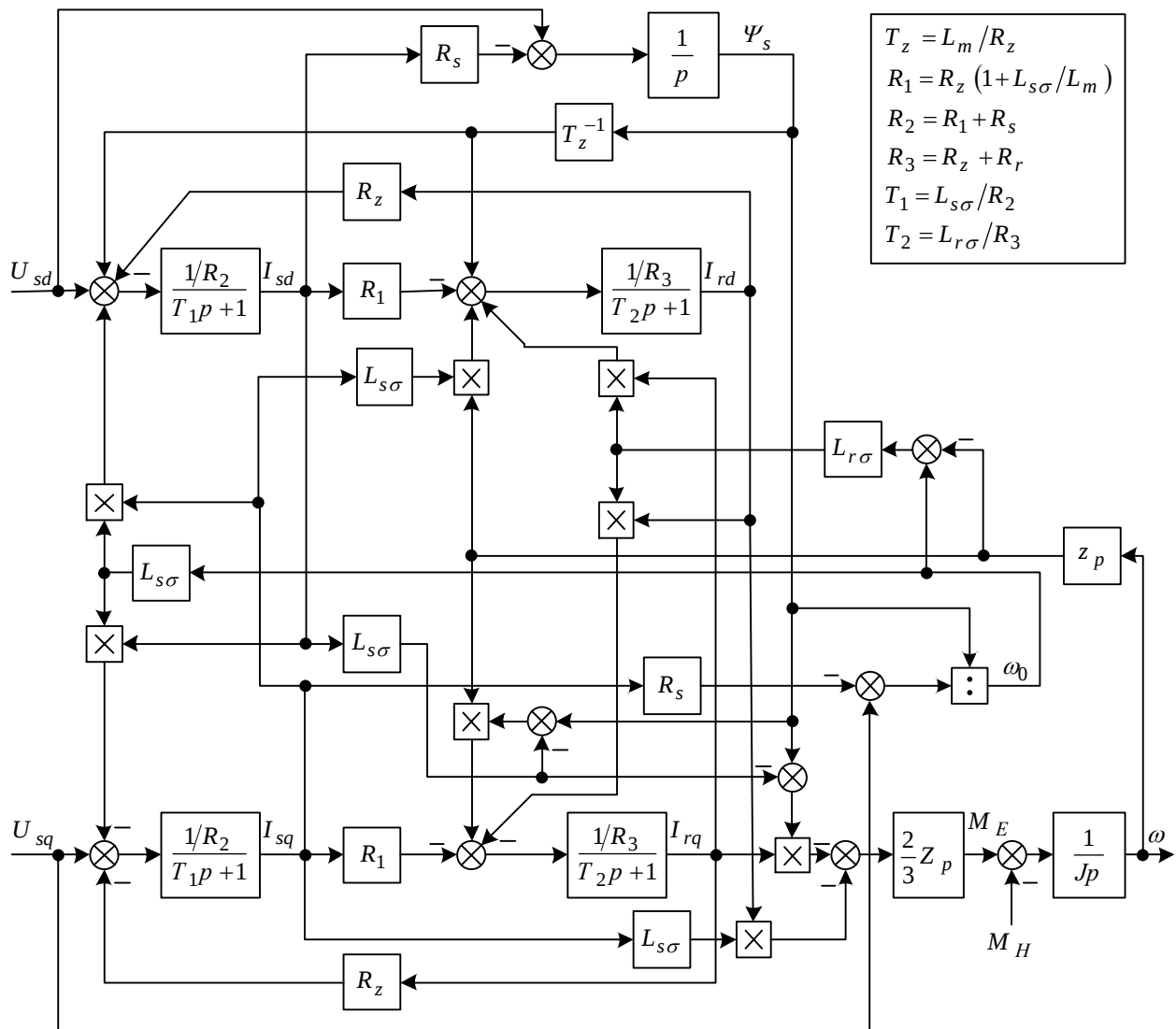


Рисунок 2 – Структурна схема моделі АД із втратами у залізі в зорієнтованих за $\bar{\Psi}_s$ координатах для вектора стану $\bar{x}_2$

Підсумки. Для двох векторів стану побудовано структурні схеми АД в зорієнтованих за полем сатора координатах при врахуванні втрат потужності у залізі. Отримані структури можуть бути корисними для аналізу та синтезу систем керування асинхронними приводами підвищеної якості.

Перелік посилань

1. Рудаков В.М., Столяров И.М., Дартау В.А. Асинхронные электроприводы с векторным управлением.- Л.: Энергоатомиздат, Лен. отд., 1987. - 136 с.
2. Levi E. Impact of Iron Losses on Behaviour of Vector Controlled Induction Machines, IEEE Trans. Ind. Applicat., Vol. 31, No.6, 1995, pp. 1287-1296.
3. Zheng P., Wang M. Impact of iron loss on speed estimation accuracy in reactive power MRAC based sensorless rotor flux oriented induction machines, Proc. of the 5th Intern. Conf. on Elec. Machines and Systems ICEMS'01, 2001, Vol. 1, pp. 94 –97.
4. Приймак Б.І., Благодір В.О. Модель асинхронного двигуна із врахуванням втрат у залізі при орієнтуванні координат за потокозчепленням статора // Вісник Нац.техн. ун-ту “Харківський політехн. ін-тут”. Темат. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика». № 28. 2010. – С. 144-145.