

ВПЛИВ ЗМІН ПАРАМЕТРІВ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА МЕЖОВУ ШВИДКІСТЬ ЗОНИ ОСЛАБЛЕННЯ ПОЛЯ

Кучеренко В.В., магістрант, Приймак Б.І., к.т.н., доц.

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Асинхронні електроприводи (АЕП) з векторним керуванням багатьох механізмів та машин повинні працювати на швидкостях вищих за номінальну. Оскільки в області номінальної швидкості асинхронного двигуна (АД) напруга на виході силового перетворювача обмежується напругою живильної мережі, то досягнення вищих швидкостей потребує ослаблення поля двигуна. Максимально допустимий струм статора АД зазвичай обмежується можливостями силового перетворювача. За даних обмежень струму та напруги статора для досягнення граничних показників АЕП перспективно застосовувати принципи екстремального керування.

На сьогодні запропоновано варіанти алгоритмів керування АЕП у зоні високих швидкостей двигуна з оптимізацією його моменту [1, 2]. Проте ці рішення не забезпечують якісного функціонування за суттєвих параметричних збурень. Тому стає актуальним вивчення та вирішення проблеми параметричної чутливості системи екстремального керування моментом АД.

Метою роботи є дослідження впливу варіацій параметрів асинхронного електроприводу на межу швидкість зони зниження поля двигуна за максимізації моменту в умовах обмеження струму та напруги живлення статора.

Матеріали дослідження. Граничні характеристики АД з максимальним моментом наведені на рис. 1., де U_s , I_s , Ψ_r – модулі векторів відповідно напруги статора, струму статора та потокозчеплення ротора, M_e – електромагнітний момент двигуна, ω – кутова швидкість ротора (всі величини вимірюються у відносних одиницях – в.о.). Ці характеристики отримані шляхом числової оптимізації математичної моделі АД [3] при обмеженні напруги та струму на рівні $0 \leq U_s \leq U_{\max}$;

$0 \leq I_s \leq I_{\max}$, де U_{\max} дорівнює номінальній напрузі U_n , а $I_{\max} = 1.5I_n$ (I_n – номінальний струм статора).

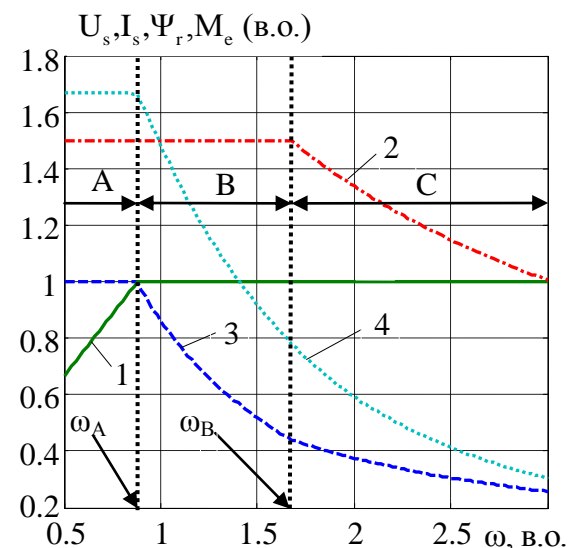


Рисунок 1 – Граничні характеристики АД: 1 – U_s ; 2 – I_s ; 3 – Ψ_r ; 4 – M_e .

Згідно з рис. 1 існують три зони регулювання швидкості – зона А, В та С. Ці зони відокремлені між собою відповідно двома межовими швидкостями – ω_A та

ω_B . Швидкість ω_A відіграє важливу роль в алгоритмі керування АЕП, оскільки для максимізації електромагнітного моменту саме з неї треба починати зни-

ження магнітного потоку АД. Вона фізично відповідає значенню ω , при якій напруга статора сягає рівня обмеження $U_s = U_{\max}$, якщо $I_s = I_{\max}$.

В [3] на основі опису АД у зорієнтованих за потокозчепленням ротора координатах (d, q) отримано рівняння для визначення ω_A :

$$a_0 \omega_A^2 + a_1 \omega_A + a_2 = 0, \quad (1)$$

де $a_0 = b_2^2 + c_2^2$, $a_1 = -2(c_1 c_2 - b_1 b_2)$, $a_2 = b_1^2 + c_1^2 - U_{\max}^2$,
 $b_1 = \Psi_r (R'_s/L_m - K_r/T_r) - L'_s K_r R_r I_{sq}^2 / \Psi_r$, $b_2 = -z_p L'_s I_{sq}$, $c_1 = -(R'_s + L'_s/T_r) I_{sq}$,
 $c_2 = z_p (L'_s/L_m + K_r) \Psi_r$, $R'_s = R_s + K_r^2 R_r$, $K_r = L_m/L_r$, $T_r = L_r/R_r$, $L_r = L_m + L_{r\sigma}$,
 $L'_s = L_{s\sigma} + K_r L_{r\sigma}$, R_s , R_r – активні опори фаз статора та ротора, L_m – взаємна індуктивність, $L_{s\sigma}$, $L_{r\sigma}$ – індуктивності від полів розсіювання, z_p – кількість пар полюсів, I_{sq} – моментна компонента струму статора АД, $U_{\max} = U_d / \sqrt{3}$ (U_d – напруга ланки постійного струму привода). Розв'язок (1) має вигляд:

$$\omega_A = \left(-a_1 + \sqrt{a_1^2 - 4a_0 a_2} \right) / 2a_0. \quad (2)$$

Нижче у дослідженні відносні відхилення величин обчислюються як

$$\delta x = (x_{\text{var}} - x_n) / x_n, \text{ в.о.}, \quad (3)$$

де x_{var} , x_n – відповідно варійоване та номінальне значення величини. Інтервали відносних відхилень варійованих величин були наступними: $\delta L_m \in [-0.2 \ 0.2]$ в.о., $\delta R_s \in [-0.3 \ 0.3]$ в.о., $\delta R_r \in [-0.45 \ 0.45]$ в.о., $\delta U_d \in [-0.3 \ 0.3]$ в.о. При цьому, враховуючи однозначність теплових квазістаціонарних відхилень опорів статора і ротора, була прийнята умова $\delta R_r = 1.5 \delta R_s$.

Змінюючи параметри у зазначених межах, за формулами (1-3) були обчислені залежності відносних відхилень межевої швидкості $\delta \omega_A$ від відносних відхилень параметрів. Графіки цих залежностей у в.о. представлені на рис. 2-5, де криві 1 відповідають $I_{\max} = 1.5 I_n$, а криві 2 – $I_{\max} = 2.5 I_n$.

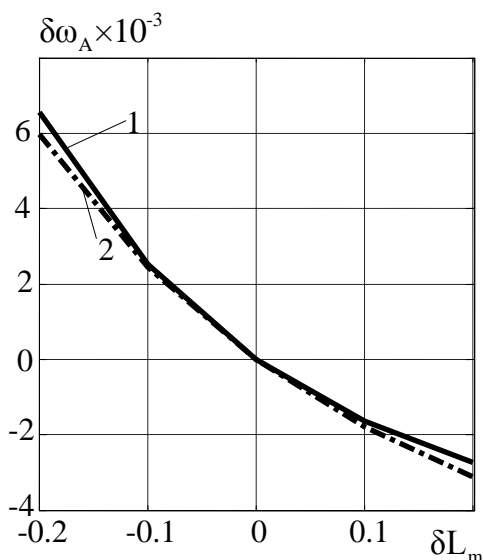


Рисунок 2 – Відхилення межевої швидкості при варіаціях L_m

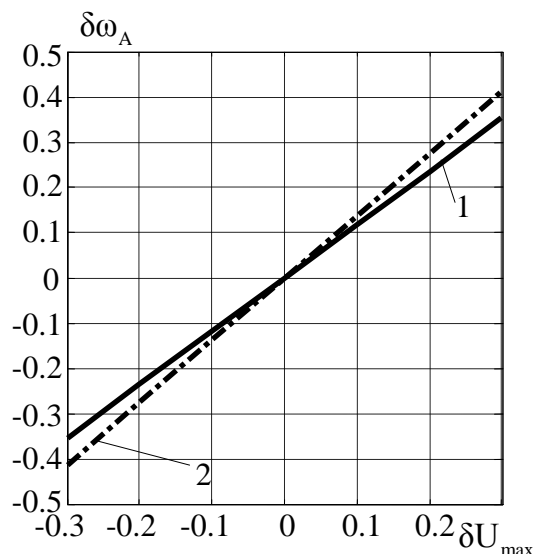


Рисунок 3 – Відхилення межевої швидкості при варіаціях U_d

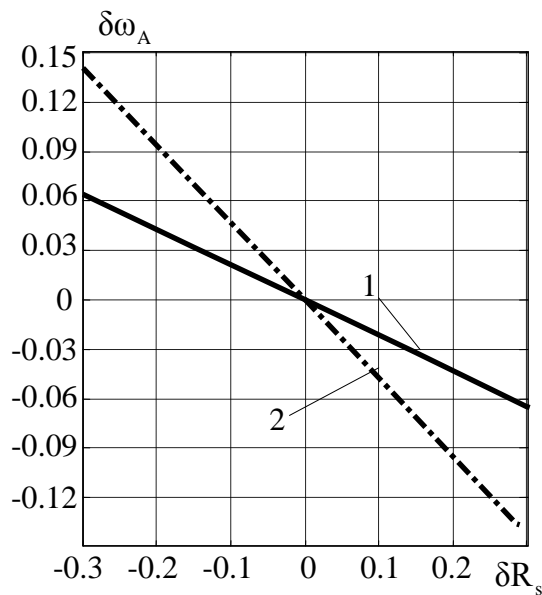


Рисунок 4 – Відхилення межевої швидкості при варіаціях R_s та R_r

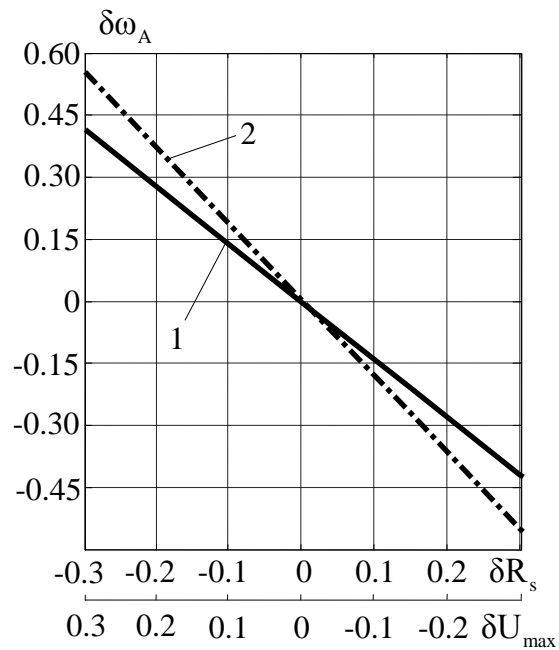


Рисунок 5 – Відхилення межевої швидкості при варіаціях R_s , R_r і U_d

Аналізуючи отримані результати можна зазначити, що вплив на ω_A варіацій магнітозалежного параметру L_m є несуттєвим, проте вплив варіацій термозалежних параметрів R_s та R_r , а також коливань U_d є суттєвим. Характер залежностей $\delta\omega_A$ від варіацій R_s , R_r та U_d близький до лінійного. При збільшенні I_{\max} відхилення ω_A зростають.

Висновки. 1) Встановлено, що на межеву швидкість, з якої починається зниження магнітного потоку при максимізації моменту двигуна, суттєво впливають варіації термозалежних опорів статора і ротора, та коливання напруги ланки постійного струму силового перетворювача, і, найбільшою мірою, поєднання різнознакових відхилень цих величин. 2) Характер залежностей відхилень межевої швидкості від варіацій зазначених параметрів є близьким до лінійного. 3) При збільшенні максимального струму статора відхилення межевої швидкості зростають.

Перелік посилань

1. Bodson M., Chiasson J.N., Novotnak R.T. A systematic approach to selecting flux references for torque maximization in induction motors // IEEE Trans. on Control Sys. Technol., Vol. 3, No. 4, 1995, pp. 388 -397.
2. Harnefors L., Pietilainen K., Gertmar L. Torque-maximizing field-weakening control: design, analysis, and parameter selection // IEEE Trans. Ind. Electron., Vol. 48, No.1, Feb. 2001, P. 161 -168.
3. Приймак Б.І. Властивості асинхронного електроприводу з максимізацією моменту у зоні високих швидкостей ротора / Б.І. Приймак // Вісник Нац. техн. ун-ту "Харківський політехн. ін-тут". Темат. вип. «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. Силова електроніка та енергоефективність». 2015. – С. 142-146.