

СИСТЕМА ВЕКТОРНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЛІНІЙНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА З ЕСТИМАТОРОМ ПОТОКОЗЧЕПЛЕННЯ ПЕРВИННОГО ЕЛЕМЕНТА

Островець М.Я., к.т.н., доц.; Яремов О.І., магістрант

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Вступ. Сучасні технологічні процеси потребують регулярного впровадження нових нетрадиційних рішень для забезпечення ефективного функціонування виконавчих механізмів. В зв'язку з цим існує необхідність розробки та впровадження систем керування електричними машинами лінійного типу, область застосування яких стрімко розширюється. Важливим аспектом у рішенні цієї задачі є розробка систем керування із забезпеченням грубості системи керування відносно параметричних та координатних збурень[1,2].

Постановка завдання дослідження. Метою роботи є підвищення якості керування систем з поступальним рухом шляхом розробки системи векторного керування швидкістю лінійних асинхронних двигунів (ЛАД) в умовах параметричних та координатних збурень на основі концепції зворотних задач динаміки.

Матеріали дослідження. Система рівнянь рівноваги електричної та магнітної підсистем в системі координат ротора ($d-q$) має вид:

$$\vec{u}_1^{(d-q)} = R_1 \cdot \vec{i}_1^{(d-q)} + \omega \cdot J \cdot \vec{\psi}_1^{(d-q)} + \dot{\vec{\psi}}_1^{(d-q)}; \quad (1)$$

$$0 = R_2 \cdot \vec{i}_2^{(d-q)} + \dot{\vec{\psi}}_2^{(d-q)}; \quad (2)$$

$$\vec{\psi}_1^{(d-q)} = L_1 \cdot \vec{i}_1^{(d-q)} + L_m \cdot \vec{i}_2^{(d-q)}; \quad \vec{\psi}_2^{(d-q)} = L_2 \cdot \vec{i}_2^{(d-q)} + L_m \cdot \vec{i}_1^{(d-q)}. \quad (3,4)$$

З рівняння (4) знаходиться вектор струму вторинного елемента і підставляється в (2) і (3). В результаті отримується рівняння дворівневого спостерігача потокозчеплення (СП) первинного елемента ЛАД, в якому потокозчеплення оцінюються на основі відомих параметрів електричної машини та вимірюваного струму [1]:

$$\dot{\hat{\vec{\psi}}}_2 = -\alpha \cdot \hat{\vec{\psi}}_2 + \alpha \cdot L_m \cdot \vec{i}_1, \quad \hat{\vec{\psi}}_1 = L_m / L_2 \cdot \hat{\vec{\psi}}_2 + \sigma \cdot \vec{i}_1. \quad (5,6)$$

Синтез регуляторів потокозчеплення (РП), струму (РС) та швидкості (РШ) здійснений на основі концепції зворотних задач динаміки [3].

В системі координат ($u-v$) вектор $\vec{\psi}_1$ суміщається з віссю u .

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \vec{\psi}_1 = |\vec{\psi}_1| = \psi_{1u}, \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \psi_{1v} = 0. \quad (7)$$

З врахуванням (7) записується рівняння математичної динамічної моделі ЛАД в системі координат ($u-v$) по базисним векторам $\vec{i}_1$ та $\vec{\psi}_1$:

$$\dot{V} = (F - F_c) / m; \quad F = (\pi \cdot z / 4) \cdot i_{1v} \cdot |\vec{\psi}_1|; \quad (8,9)$$

$$\dot{i}_{1u} = -\gamma \cdot i_{1u} + (\omega_0 - \omega) \cdot i_{1v} + \alpha \cdot \sigma^{-1} \cdot |\vec{\psi}_1| + \sigma^{-1} \cdot u_{1u}; \quad (10)$$

$$\dot{i}_{1v} = -\gamma \cdot i_{1v} - (\omega_0 - \omega) \cdot i_{1u} - \omega \cdot \sigma^{-1} \cdot |\vec{\psi}_1| + \sigma^{-1} \cdot u_{1v}; \quad (11)$$

$$|\dot{\vec{\psi}}_1| = -R_1 \cdot i_{1u} + u_{1u}; \quad 0 = -R_1 \cdot i_{1v} + u_{1v} - \omega_0 \cdot |\vec{\psi}_1|. \quad (12,13)$$

З (12) знаходиться складова струму i_{1u} та підставляється в рівняння (10). В результаті отримується рівняння (14), згідно з яким модуль вектора потокозчеплення регулюється складовою напруги u_{1u} :

$$|\ddot{\vec{\psi}}_1| + \gamma \cdot |\dot{\vec{\psi}}_1| + R_1 \cdot \alpha \cdot \sigma^{-1} \cdot |\vec{\psi}_1| = \dot{u}_{1u} + (\gamma - R_1 \cdot \sigma^{-1}) \cdot u_{1u} - (\omega_0 - \omega) \cdot i_{1v} \quad (14)$$

Рівняння (14) в узагальненому вигляді без врахування параметричного збурення i_{1v} можна записати так [2]:

$$\ddot{y} + a_1 \cdot \dot{y} + a_0 \cdot y = b_1 \cdot \dot{x}^* + b_0 \cdot x^* \quad (15)$$

Для забезпечення в контурі регулювання астатизму другого порядку, необхідне виконання наступної умови: $b_1 = a_1$, $b_0 = a_0$. Згідно з [2] рівнянню (15) відповідає структура регулятора зображена на рис. 1а, за умови забезпечення в контурі регулювання астатизму другого порядку ($v = 2$). Отримана структура регуляторів струму та швидкості (рис. 2б) забезпечує в контурах регулювання астатизм першого порядку ($v = 1$).

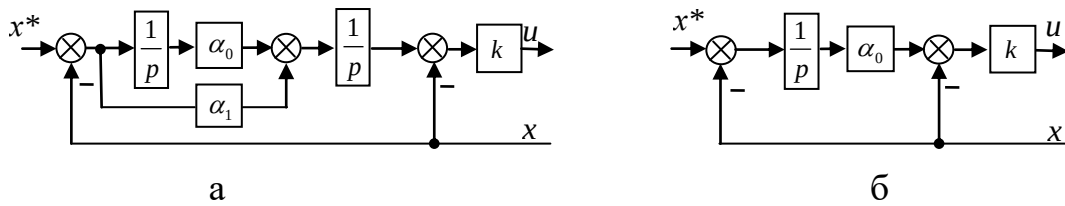


Рисунок 1 – Структура регулятора потокозчеплення (а) та регуляторів струму, швидкості (б)

Функціональна схема системи векторного керування швидкістю ЛАД зображена на рис. 2.

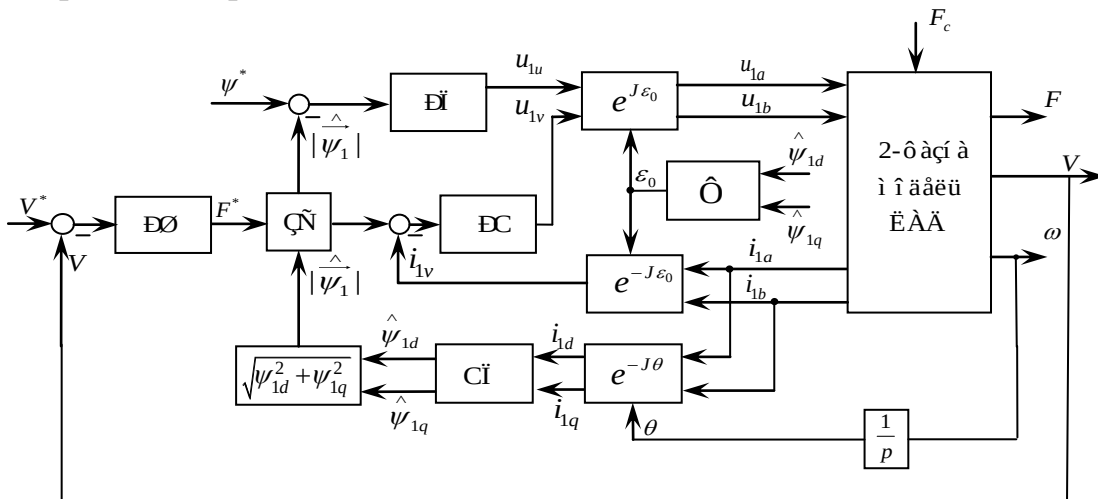


Рисунок 2 - функціональна схема системи векторного керування швидкістю

Дослідження розробленої системи проведено шляхом моделювання на прикладі прокатного стану штаби з алюмінію. ЛАД має наступні параметри: $F_H=9770$ Н; $V_H=10$ м/с; $U_{I_H}=380$ В; $f_{I_H}=28$; $R_1=0,051$ Ом; $L_1=0,0016$ Гн; $R_2=0,022$ Ом; $L_2=0,00157$ Гн. Параметри регуляторів: РШ: $\alpha_0 = 15$, $k = 10000$; РП: $\alpha_0 = 20$, $\alpha_1 = 200$, $k = 2000$; РС: $\alpha_0 = 8000$, $k = 1000$.

На рис. 3а показано промасштабовані перехідні процеси потокозчеплення ($|\psi_{i1}|$), зусилля (F), лінійної швидкості (V) та струму статора (i_1) при розгоні до усталеної швидкості, накиданні та скиданні ступінчатого статичного навантаження $F_c = 9000$ Н та сповільненні до повної зупинки. На рис. 3б зображені похибки відпрацювання швидкості при варіаціях значень активного опору вторинного елемента ЛАД.

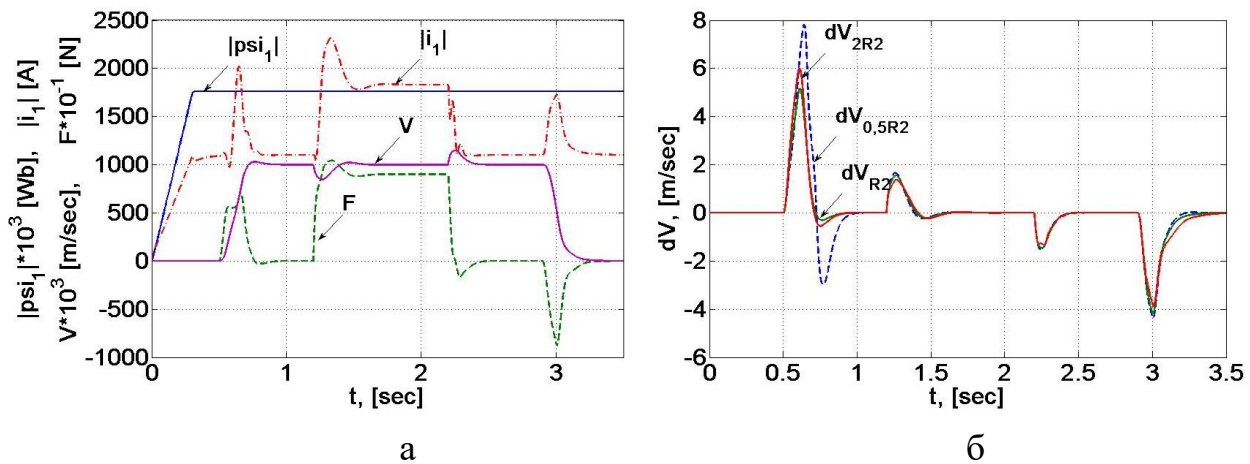


Рисунок 3 – Графіки перехідних процесів

Висновки. Результати моделювання свідчать про те, що досліджувана система володіє властивістю слабкої чутливості до параметричних та координатних збурень і має високі показники якості керування координатами завдяки розробленим законам керування.

Перелік посилань

1. Bo Peterson, Induction Machine Speed Estimation. Observations on Observers, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA), Lund Institute of Technology (LTH), Box 118, S-221 00 LUND, Sweden\1996.- с. 15-21.
2. Островерхов М.Я., Метод синтезу регуляторів електромеханічних систем на основі концепції зворотних задач динаміки в поєднанні з мінімізацією локальних функціоналів миттєвих значень енергій руху, Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”.
3. Островерхов М.Я., Сигаєв О.Л., Бурик М.П. Універсальна система векторного керування швидкістю асинхронного двигуна на основі концепції зворотної задачі динаміки при мінімізації локальних функціоналів миттєвих значень енергій руху // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2009 (56). Частина 2 – С.31-34.