

# ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ З РІЗНИМИ ТИПОВИМИ СТРУКТУРАМИ РЕГУЛЮВАННЯ КООРДИНАТ

Бондзюк С.М., магістрант; Пижов В.М., доцент, к.т.н.

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

**Мета дослідження.** У електромеханічних системах (ЕМС) для керування декількома координатами, наприклад, швидкістю та струмом, можуть використовуватись типові структури. Згідно з [1] такими структурами є: з сумуючим підсилювачем, з послідовним керуванням (система з підпорядкованим регулюванням) та з незалежним (паралельним) керуванням. Їх загальний опис, переваги та недоліки, можна знайти у відповідних публікаціях. Наприклад, порівняння статичних властивостей наведено у [2].

В той же час викликає інтерес більш детальне та комплексне порівняння типових структур за різними критеріями, наприклад за динамічними показниками, за об'ємом необхідних технічних та програмних ресурсів та інше.

В цій роботі наведені деякі результати порівняння двох типових систем за критерієм динамічних властивостей. Аналіз зроблено шляхом моделювання [3] для режимів пуску та навантаження-розвантаження; при цьому розімкнена ЕМС мала однакові параметри у обох випадках.

**Система з підпорядкованим регулюванням (СПР).** Типова структурна схема СПР наведена на рис. 1.

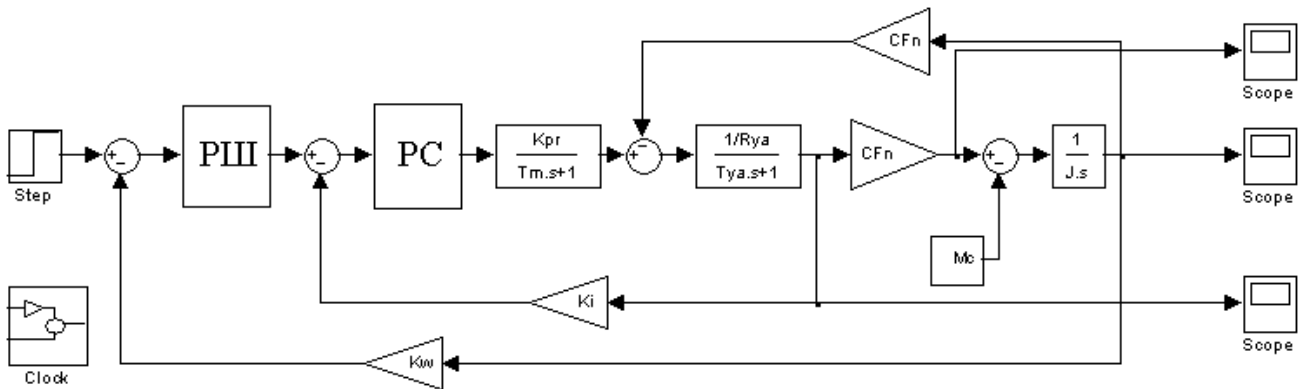


Рис. 1. Структурна схема СПР

Система проста й зручна в налаштуванні. Кожна регульована координата регулюється окремим регулятором. Усі регулятори окремих координат з'єднанні між собою послідовно, а на вході кожного регулятора порівнюються сигнали, пропорційні заданому і дійсному значенням регульованої координати. Вихідний сигнал регулятора є таким, що задається для регулятора внутрішнього контуру регулювання, а обмеження регульованої координати досягається обмеженням сигналу її завдання.

Налаштування регуляторів проводиться за спрощеною схемою без урахування внутрішнього зворотного зв'язку за ЕРС двигуна згідно методики, яка наведена в [1]. Як приклад, для контуру струму вибирається налаштування на

модульний оптимум, а контуру швидкості – на симетричний. Як результат отримуємо ПІ-регулятор струму та ПІ регулятор швидкості з такими передаточними функціями регуляторів:

$$W_{\text{ДН}}(p) = K_{\text{ДН}} \frac{T_{\text{ДН}} p + 1}{T_{\text{ДН}} p}; \quad W_{\text{ДО}}(p) = K_{\text{ДО}} \frac{T_{\text{ДО}} p + 1}{T_{\text{ДО}} p},$$

$$\text{де } K_{\text{ДН}} = \frac{T_{\beta} R_{\beta}}{2T_{\mu} K_{i\delta} K_I}, \quad T_{\text{ДН}} = T_{\beta}, \quad K_{\text{ДО}} = \frac{K_I J}{4T_{\mu} K_{\omega} \cdot c\hat{O}_f}, \quad T_{\text{ДО}} = 8T_{\mu},$$

$R_{\beta}$  - опір якірного кола;  $T_{\beta}$  - стала часу якірного кола;  $L_{\beta}$  - індуктивність якірного кола;  $c\hat{O}_f$  - добуток конструктивної сталої двигуна на номінальний потік збудження;  $R_{\beta}$  - активний опір якоря двигуна.  $J$  - момент інерції двигуна,  $K_I$  - коефіцієнт зворотного зв'язку за струмом,  $K_{\omega}$  - коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю,  $T_{\mu}$  - мала стала часу, яка враховує запізнення при керуванні тиристорами та інерційність фільтрів перетворювача.

Промодельовавши дану СПР в середовищі MathLAB, отримаємо графіки перехідних процесів швидкості та струму двигуна, які наведені на рис. 2.

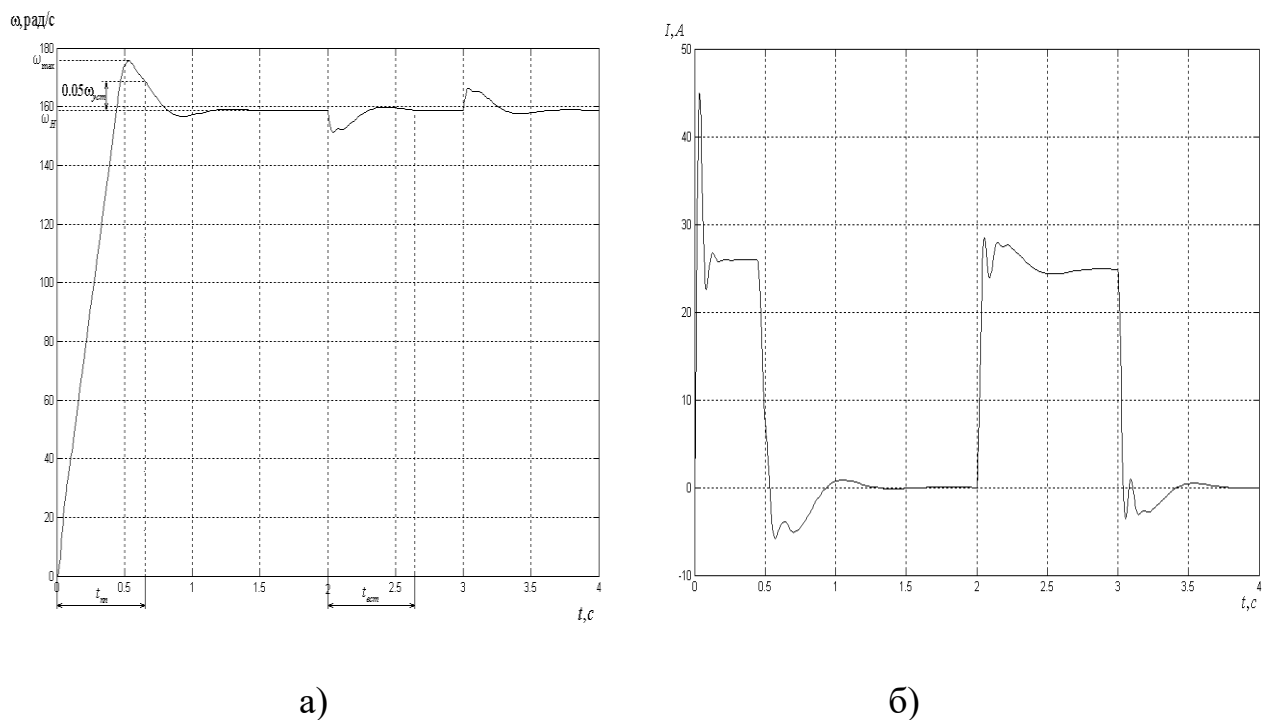


Рис. 2 - Перехідні процеси швидкості (а) та струму (б) двигуна для СПР

Із графіків визначаються наступні показники якості перехідних процесів СПР:

$$\text{перерегулювання } \sigma = \frac{\omega_{\text{max}} - \omega_H}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{175.6 - 158.8}{158.8} \cdot 100\% = 10.6\% ;$$

час перехідного процесу –  $t_{\ddot{\omega}} = 0.7$  с; динамічне падіння швидкості при накиданні навантаження –  $\Delta\omega_{\ddot{\omega}} \% = 0\%$ ; час встановлення швидкості:  $t_{\dot{\omega}} = 0.7$  с.

**Системи з незалежним керуванням (СНК).** У цій системі, як і в системах підпорядкованого регулювання, кількість регуляторів відповідає кількості регульованих координат. Але на відміну від СПР, регулятори тут з'єднані не послідовно, а паралельно, і в будь який інтервал часу може працювати лише один регулятор. Структурна схема СНК з паралельним вмиканням регуляторів наведена на рис. 3.

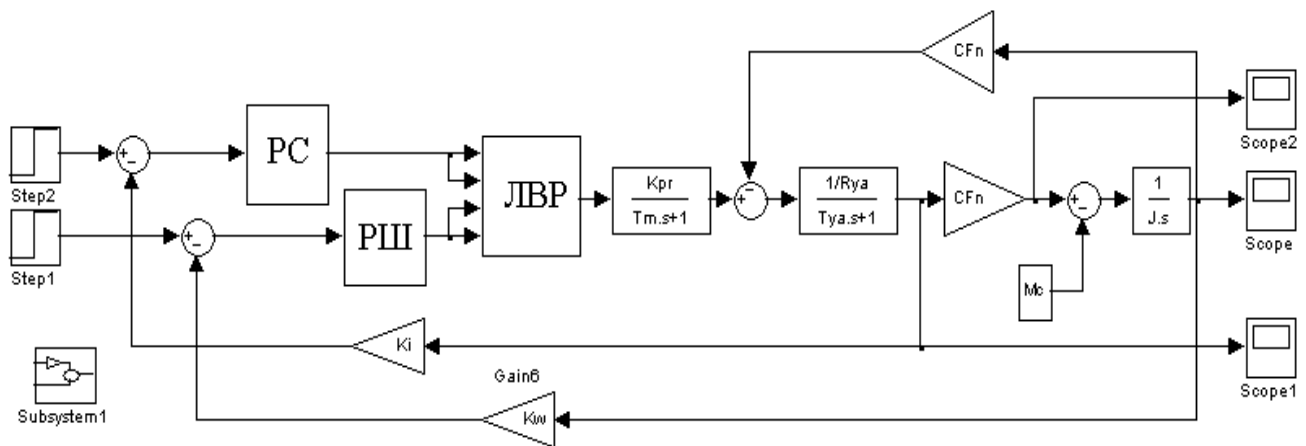


Рис. 3. Структурна схема СНК з паралельним вмиканням регуляторів

Схема керування складається з двох контурів – контуру швидкості з регулятором РП та контуру струму з регулятором РС. Перемикання між контурами здійснюється за допомогою ланки вибору режиму (ЛВР). Так, як необхідно регулювати швидкість двигуна для виконання функції ЛВР вибирається логічна ланка «вибір меншого сигналу» [2]. Ланка вибору режиму пропускає сигнали керування від того регулятора, який має менше значення вихідного сигналу.

На відміну від СПР контури струму та швидкості настроюються окремо. Так як і в системі підпорядкованого регулювання контур струму настроїмо на модульний оптимум, а контур швидкості – на симетричний. В результаті настроювання передаточна функція регулятора струму така ж, як і для СПР, а для контуру швидкості отримаємо ПД-регулятор швидкості двигуна:

$$W_{\text{ДП}}(p) = K_{\text{А}} p + K_{\text{І}} + \frac{K_{\text{ІІ}}}{p},$$

$$\text{де } K_{\text{А}} = \frac{T_{\text{Б}} J R_{\text{Б}}}{2 T_{\mu} c \hat{O}_{\text{І}} K_{\text{ІД}} K_{\omega}}, K_{\text{І}} = \frac{(4 T_{\mu} + T_{\text{Б}}) J R_{\text{Б}}}{8 T_{\mu}^2 c \hat{O}_{\text{І}} K_{\text{ІД}} K_{\omega}}, K_{\text{ІІ}} = \frac{J R_{\text{Б}}}{8 T_{\mu}^2 c \hat{O}_{\text{І}} K_{\text{ІД}} K_{\omega}}.$$

Моделювання системи СНК з паралельним вмиканням регуляторів в середовищі MathLAB дає отримати графіки перехідних процесів швидкості та струму двигуна, які наведені на рис. 4.

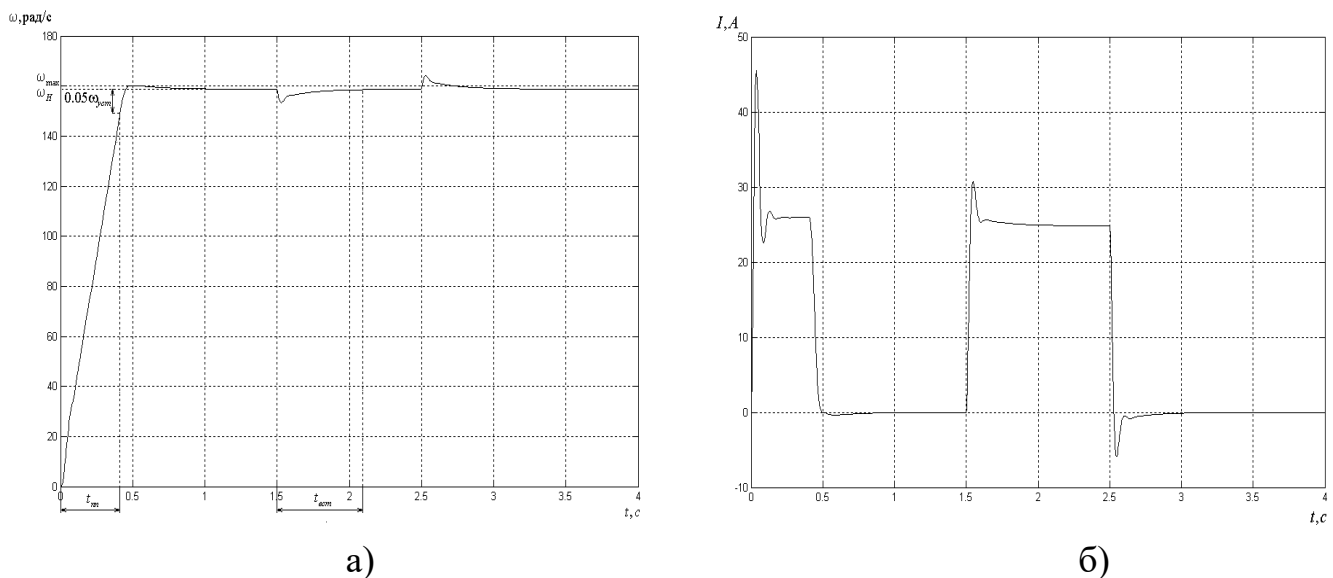


Рис. 4. Перехідні процеси швидкості (а) та струму (б) двигуна для СНК з паралельним вмиканням регуляторів

Із графіків визначаються наступні показники якості перехідних процесів СПР:

$$\text{перерегулювання } \sigma = \frac{\omega_{\max} - \omega_H}{\omega_H} \cdot 100\% = \frac{160 - 158.8}{158.8} \cdot 100\% = 0,75\% ;$$

час перехідного процесу –  $t_{\ddot{\omega}} = 0.412$  с; динамічне падіння швидкості при накиданні навантаження –  $\Delta\omega_{\ddot{\omega}}\% = 0\%$ ; час встановлення швидкості –  $t_{\ddot{\omega}} = 0.6$  с.

**Висновки.** Порівнюючи показники динаміки системи підпорядкованого регулювання (СПР) та системи з незалежним керуванням координат (СНК) можна зробити висновок, що якість перехідних процесів в другій системі краща, ніж у СПР, а саме, час перехідного процесу майже в два рази менший, майже відсутнє перерегулювання, на відміну від СПР. У режимах навантаження-розвантаження СНК також має ліпші показники порівняно з СПР.

#### Перелік посилань:

1. Ключев В.И., Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1985. – 560 с., ил.
2. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навчальний посібник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом «Електромеханіка». – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
3. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделирование электромеханических систем в «SIMULINK»: Навчальний посібник для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямом «Електромеханіка». – К.: Стилос, 2008. – 528 с.