

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ НЕПРЯМОГО РЕГУЛЮВАННЯ ШВИДКОСТІ, ЩО АСТАТИЧНІ ЗА ЗБУРЕННЯМ, ЗІ СПОСТЕРІГАЧАМИ СТАНУ

Песковатська О.В.

Донецький національний технічний університет

ola@elf.dgtu.donetsk.ua

Вступ. Системи непрямого регулювання швидкості звичайно використовують в електроприводах, які не потребують високих вимог до точності підтримування цього параметру та до швидкодії систем автоматичного управління (САУ). Перевагою таких систем є відсутність у них електромеханічного датчика швидкості (наприклад тахогенератора). За звичаєм зовнішній регулятор в цих САУ замикають через датчик напруги (ДН) або через датчик ЕРС (ДЕ). Динамічні і статичні властивості систем підпорядкованого регулювання (СПР) зі зворотним зв'язком (ЗЗ) за напругою або ЕРС дуже сильно залежать від параметрів об'єкту регулювання (ОР) і за для реальних електроприводів виявляються значно гіршими, ніж у СПР з датчиком швидкості.

Усі перелічені вище системи непрямого регулювання швидкості застосовують переважно з пропорційним регулятором у зовнішньому контурі. Такі системи є статичними за навантаженням. Якщо вимоги до системи керування високі, але за якимось причинами безпосереднє вимірювання швидкості неможливе, то її можна оцінити за допомогою спостерігачів стану (СС). Також за допомогою спостерігачів стану можливо отримати сигнал оцінювання статичного струму, що дозволить позбавитися від статичної похибки при накиді навантаження.

У більшості випадків характер зміни навантаження і його математичний опис невідомі. Якщо не вжити спеціальних заходів, то в перехідних процесах, пов'язаних зі зміною навантаження, спостерігач буде відновлювати координати системи і момент навантаження з похибкою. Позбутися від такої похибки можливо якщо на вхід спостерігача додати інтегратор і розглядати момент навантаження як додаткову координату [1]. Також отримати оцінку моменту навантаження можливо безпосередньо в самому СС [2], і з відповідним коефіцієнтом передачі подати на вхід системи. Такий підхід запропоновано для використання у системах непрямого регулювання швидкості при однозонному та двухзонному регулюванні. [3, 4]

Ще один засіб припускає отримувати сигнал оцінювання моменту навантаження з виходу інтегральної складової ПІ-регулятора швидкості і подавати його у СС. [5]

Мета роботи. Метою роботи є порівняльний аналіз систем непрямого регулювання швидкості зі спостерігачами стану, які дозволяють зменшити або зовсім ліквідувати статичну похибку за швидкістю, що виникає при накиді навантаження.

Матеріал і результати досліджень. Структурна схема двигуна постійного струму (ДПС) з управлінням за колом якоря і спостерігачем стану у відносних одиницях представлена на рис. 1. За базові величини основних сигналів прийняті швидкість ідеального холостого ходу ω_0 , струм короткого замикання $I_{кз}$, та номінальна напруга якоря двигуна U_{Π} , тобто $\omega^* = \omega / \omega_0$, $I^* = I / I_{кз}$, $E^* = E / U_{\Pi}$. На схемах позначені: $T_{я}$, $T_{яд}$ – електромагнітні сталі часу якорного кола ТП-Д і якоря двигуна; T_M – електромеханічна стала часу привода; T_{μ} – стала часу тиристорного перетворювача; T_c , T_{ω} – сталі часу інтегрування розімкнених контурів струму і швидкості, T_{oc} – стала часу ПІ-РШ за симетричним оптимумом. СС має вхід за струмом двигуна $I_{дв}$, корекція виконується за напругою датчика ЕРС двигуна $U_{де}$.

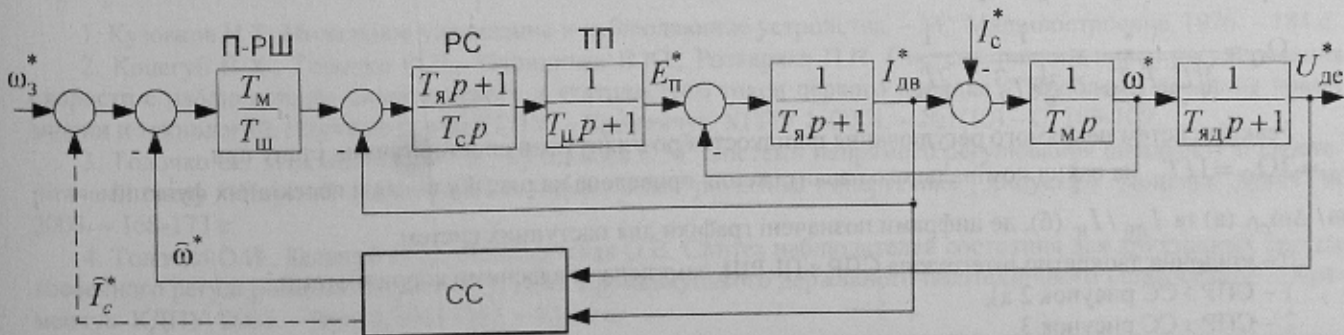


Рисунок 1 – Структурна схема ДПС з управлінням за колом якоря і СС у в.о.

На рис. 2 представлені структурні схеми СС у в.о. для випадків: з додатковим інтегратором на вході (а) і без інтегратора (б) для оцінювання сигналу статичного навантаження. Будемо розглядати випадок, коли сигнал оцінки швидкості двигуна у СС знімається перед суматором.

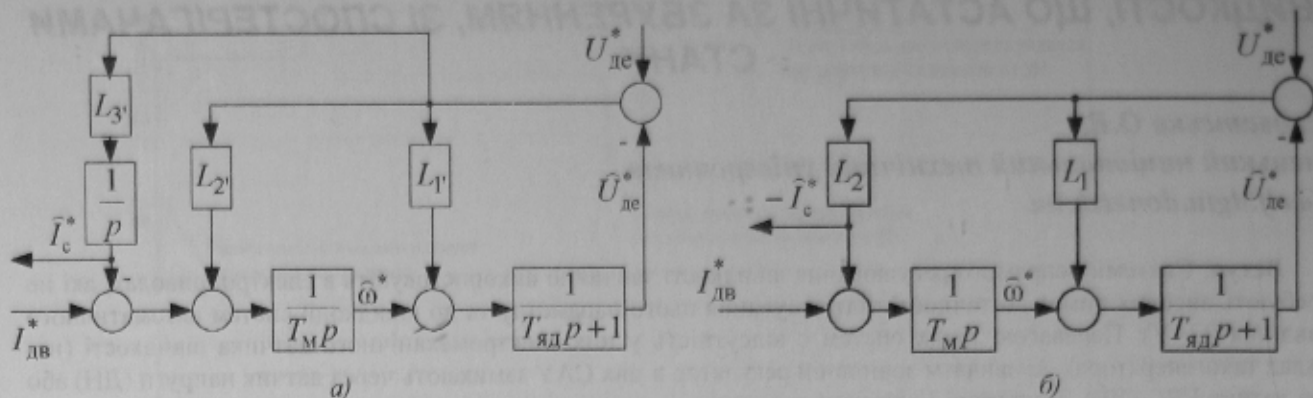


Рисунок 2 – Структурні схеми СС у в.о.

Задавшись бажаними характеристичними поліномами (ХП) другого та третього порядку

$$G_{2ж}(p) = p^2 + \gamma \Omega_n p + \Omega_n^2, \quad G_{3ж}(p) = p^3 + \gamma_2 \Omega_n p^2 + \gamma_1 \Omega_n^2 p + \Omega_n^3$$

де Ω_n і γ , γ_1 , γ_2 – середньо геометричний корінь (СГК) та коефіцієнти бажаного ХП, знаходимо стандартним способом коефіцієнти коригувальних зв'язків СС:

$$L'_1 = T_{яд} \Omega_n \gamma_2 - 1, \quad L'_2 = \Omega_n^2 \gamma_1 T_{яд} T_M, \quad L'_3 = -\Omega_n^3 T_M T_{яд};$$

$$L_1 = T_{яд} \Omega_n \gamma - 1, \quad L_2 = \Omega_n^2 T_{яд} T_M.$$

Якщо параметри моделей, покладених в основу СС, повністю співпадають з відповідними параметрами об'єкта регулювання, то динамічні властивості досліджуваних систем при відпрацюванні керуючої дії однакові. Порівняємо між собою поведінку систем зі спостерігачами при накиді навантаження. Формули для статичного падіння швидкості в цьому режимі приведені в [3]. Знаючи ці похибки, їх можна компенсувати, маючи сигнал \hat{I}_c^* .

Структурна схема такого СС з компенсацією похибки оцінювання приведена на рис. 3.

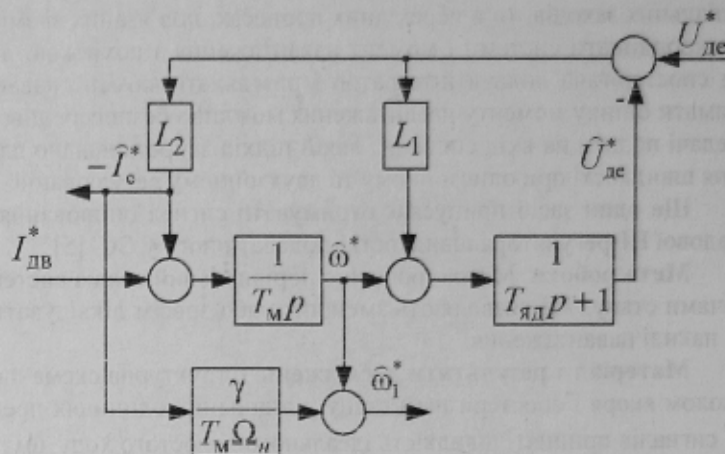


Рисунок 3 – Структурна схема СС з компенсацією похибки оцінювання сигналу швидкості

Тепер порівняємо поведінку досліджуваних систем у перехідних процесах. Для цього задамо конкретні параметри об'єкта регулювання ($T_{я} = 4T_{\mu}$; $T_{яд} = 5T_{\mu}$; $T_M = 16T_{\mu}$) та спостерігачів ($\gamma = \sqrt{2}$, $\gamma_1 = \gamma_2 = 2$ – поліном Баттерворта). СГК Ω_0 системи, замкненої за вимірною швидкістю, при оптимізації цієї системи з умов модульного оптимуму ($T_c = 2T_{\mu}$, $T_{ш} = 2T_c = 4T_{\mu}$) дорівнює:

$$\Omega_0 = \frac{1}{\sqrt[3]{T_{ш} T_c T_{\mu}}} = \frac{1}{\sqrt[3]{8T_{\mu}^3}} = \frac{1}{2T_{\mu}}$$

Реакція систем непрямого регулювання швидкості з розглянутими спостерігачами стану при $\Omega_n = 2\Omega_0 = 1/T_{\mu}$ на накид номінального навантаження приведена на рис. 4 у вигляді перехідних функцій $\Delta\omega / \Delta\omega_{c0}$ (а) та $I_{дв} / I_n$ (б), де цифрами позначені графіки для наступних систем:

- 0 – еталонна двократно інтегруюча СПР з ПІ-РШ, замкнена за власними координатами,
- 1 – СПР з СС рисунок 2 а),
- 2 – СПР з СС рисунок 3,
- 3 – СПР з СС і оцінкою моменту навантаження з виходу інтегральної складової ПІ-РШ.

На рисунку 5 приведені графіки сигналів оцінювання моменту навантаження для тих же самих систем у

вигляді I_c / I_n (для еталонної двократно інтегруючої СПРШ сигнал моменту навантаження має стрибкоподібний вигляд).

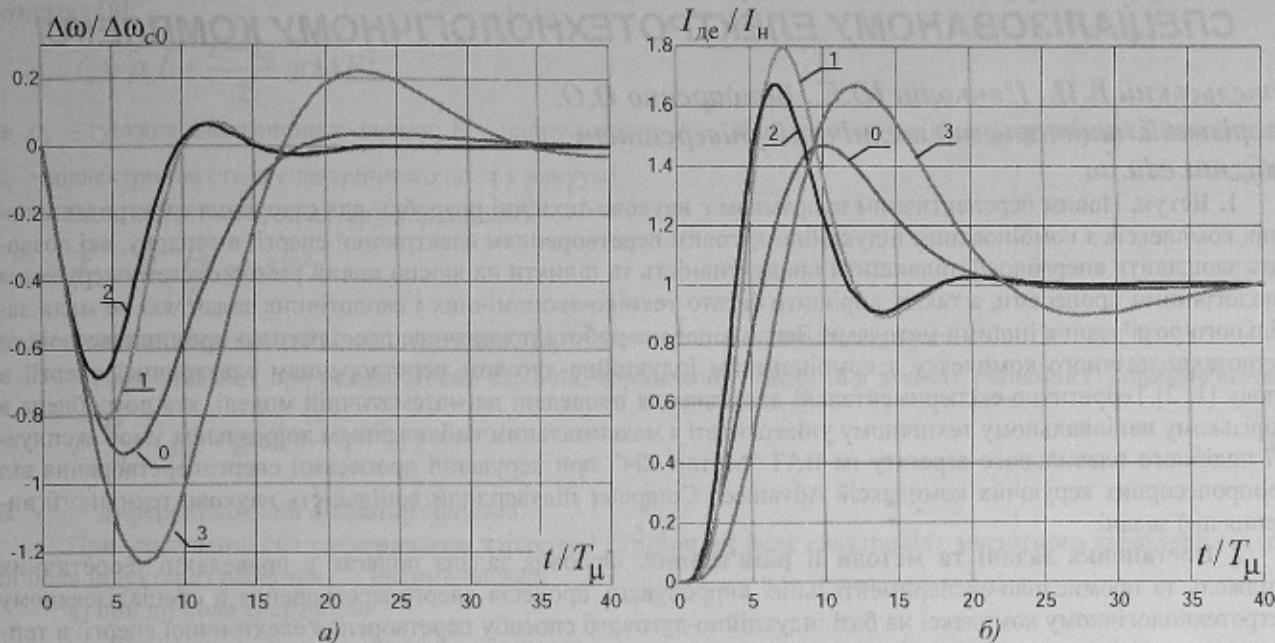


Рисунок 4 – Графіки перехідних процесів в СПР з СС

СПР з СС які встановлюють додатково сигнал статичного навантаження мають меншу динамічну просадку швидкості ($\Delta\omega_{\max 1} = 0,81 \Delta\omega_{c0}$,

$\Delta\omega_{\max 2} = 0,687 \Delta\omega_{c0}$) та менший час перебігу перехідних процесів, але більше перерегулювання за струмом ($\sigma_1 = 80\%$, $\sigma_2 = 67\%$), ніж еталонна СПР з ПІ-РШ, для якої відповідні показники мають такі значення: $\Delta\omega_{\max} = 0,95 \Delta\omega_{c0}$, $\sigma = 53,7\%$. СПР з СС до якого надходить сигнал статичного навантаження з ПІ-РШ має дещо гірші показники:

$\Delta\omega_{\max 3} = 1,22 \Delta\omega_{c0}$, $\sigma_3 = 67\%$ та більший час перебігу перехідних процесів. З рис.5 також видно, що сигнал оцінки статичного навантаження більш близький до стрибкоподібного виду у системах з СС, які містять у собі визначення цього сигналу.

Висновки. З розглянутих систем непрямого регулювання швидкості, астатичних за навантаженням, кращим є система зі спостерігачем стану, який містить у собі компенсацію похибки оцінювання статичного падіння швидкості.

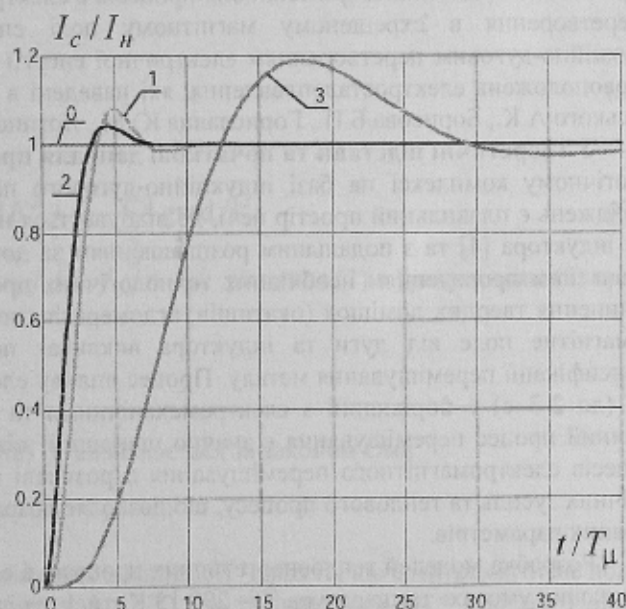


Рисунок 5 – Графіки сигналів оцінювання моменту навантаження

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
2. Коцегуб П.Х., Толочко О.И., Мариничев В.Ю., Розкаряка П.И. Система подчиненного регулирования скорости с наблюдателем динамического и статического токов первого порядка // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПУ. – Кременчуг: КГПУ. – 2001. – №1(10) – С. 103-109.
3. Толочко О.И., Пісковатська О.В., Кудокіцев С.М. Системи непрямого регулювання швидкості зі спостерігачами стану // Наукові праці ДонНТУ. Серія: "Електротехніка і енергетика", випуск 67. Донецьк: ДонНТУ, 2003. – 168-173 с.
4. Толочко О.И., Коцегуб П.Х., Песковатская О.В. Синтез наблюдателей состояния для двухзонных систем косвенного регулирования скорости // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2005. – Вип. 4/2005 (33). – 12-14 с.
5. Попович Н.Г., Пересада С.М. Управление следящим электроприводом постоянного тока на основе косвенной оценки угловой скорости // Вісник Харківського державного політехнічного університету. Збірник наукових праць. Тематичний випуск 61 "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика" – Харків, ХДПУ, 1999. – 43-48 с.