

УДК 681.513

УДОСКОНАЛЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦИФРОВИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДА
IMPROVING THE DYNAMIC PROPERTIES OF DIGITAL SPEED CONTROL SYSTEMS FOR ELECTRIC DRIVES

Артем Косаковський

*Вінницький національний аграрний університет,
Вінниця, Україна*

Актуальність дослідження обумовлена необхідністю вдосконалення динамічних характеристик електроприводів, що використовуються у промисловості, транспорті та енергетиці. Сучасні вимоги до точності, швидкодії та стійкості систем керування змушують відходити від традиційних аналогових рішень на користь цифрових систем керування (ЦСК). Цифрові елементи забезпечують високу завадостійкість, точність вимірювання параметрів та зручність програмування складних алгоритмів.

Згідно з сучасними дослідженнями, одним із ключових напрямів розвитку ЦСК є вдосконалення підлеглих систем регулювання координат. Важливим аспектом є попередня оптимізація контуру струму для забезпечення стабільності контуру швидкості. Більшість існуючих підходів базуються на лінійних математичних моделях, які ефективні для аналізу динаміки. Проте вони не завжди враховують вплив дискретності та змінних режимів роботи. Метою даної роботи є синтез цифрового регулятора швидкості (ЦРШ), який забезпечує бажані динамічні показники з урахуванням оптимізованої роботи контуру струму.

Об'єктом керування є електропривод, до складу якого входить двигун та навантаження. Для контролю параметрів використовуються датчики швидкості та струму. Центральним модулем системи є мікропроцесорний контролер, що здійснює синтез алгоритмів керування. Синтез ЦРШ виконується для лінійної імпульсної системи. Дискретна передавальна функція (ДПФ) наведеної неперервної частини контуру має вигляд:

$$W_{нч}(z) = \frac{k_d T_0}{T_m} \cdot \frac{z + z_0}{(z - 1)(z - e^{-T_0/T})}$$

де k_d — передавальний коефіцієнт двигуна, а T_m — механічна постійна часу електропривода.

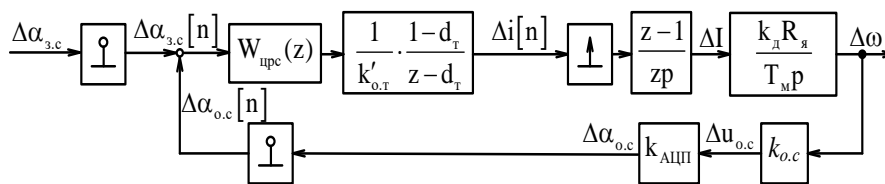


Рис. 1. Структурна схема цифрового контуру швидкості

Контур швидкості оптимізується за допомогою методу стандартних рівнянь. При налаштуванні на модульний оптимум для статичного регулювання ($v = 1$) характеристичний поліном другого порядку визначається як:

$$A(z) = z^2 + a_1 z + a_0$$

де коефіцієнти a_1 та a_0 залежать від базової частоти та періоду дискретизації.

Синтез здійснюється на основі рівняння реалізованості:

$$A(z) = M(z)D(z) + N(z)B(z)$$

Порядки шуканих поліномів $M(z)$ і $N(z)$ визначаються за умовами $l \geq q$ та $k \geq p - 1$. Для досліджуваної системи $l = 1$ та $k = 1$, що дозволяє знайти коефіцієнти методом порівняння при однакових степенях z .

Аналіз показав, що для отримання модульного оптимуму в ЦСК потрібен регулятор, відмінний від пропорційного. Передавальні коефіцієнти цифрового та аналогового регуляторів практично збігаються при настроюванні на модульний оптимум. Час перехідного процесу становить близько восьми тактів дискретності тиристорного перетворювача.

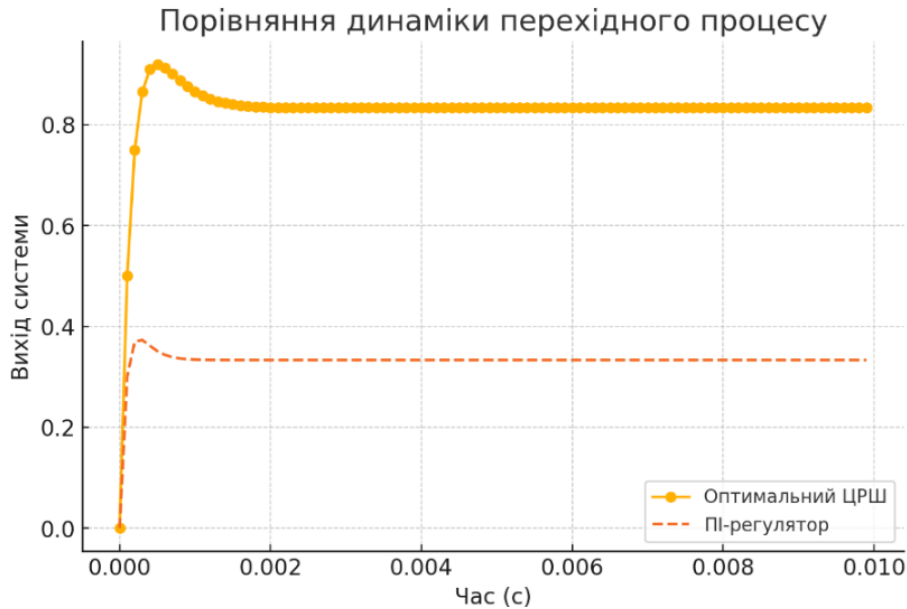


Рис. 2. Порівняння динаміки перехідного процесу ЦРШ та ПІ-регулятора

При астатичному регулюванні ($v = 2$) характеристичний поліном має третій порядок. Хоча це забезпечує високу точність, час перехідного процесу стає істотно більшим. Оптимізація дозволяє мінімізувати час процесу до двох тактів при малих збуреннях задання швидкості $\Delta\alpha_{з.с.}$. Проте при великих приростах завдання виникають обмеження: неприпустимо високий струм, дефіцит напруги перетворювача та додаткові затримки в системі керування.

Отримана структура ЦРШ забезпечує оптимальне демпфування та високу швидкодію. Оптимальний регулятор демонструє кращу динаміку та точність порівняно зі стандартним ПІ-регулятором. Розроблені методи можуть бути використані для вдосконалення систем керування у промислових та аграрних застосуваннях.

Список використаних джерел

1. Довгий О. І., Соколов В. М. Оптимізація цифрових контурів регулювання струму та швидкості електроприводів // Вісник КПІ. Серія: Електротехніка та енергетика. – 2020. – №3. – С. 45–52.
2. Грабко В. П., Морозов В. І. Аналіз впливу параметрів цифрових регуляторів на динамічні показники електроприводів // Технічна електродинаміка. – 2009. – №2. – С. 35–41.
3. Hrabko V.V., Kucheruk V.Yu., Vozniak O.M. Mikroprotsesorni systemy keruvannia elektropryvodamy. Vinnytsia: VNTU, 2009. P. 240.
4. Колб Т. Ю., Карпінський В. О. Дослідження впливу оптимізації характеристичного полінома на стабільність цифрового контуру струму // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2011. – №4. – С. 12–18.

Науковий керівник: *О.М. Возняк, канд. техн. наук, доцент*
Вінницький національний аграрний університет.