

Регулятори, побудовані за другою структурою, характеризуються взагалі нижчими показниками ефективності зменшення коливань напруги порівняно з регуляторами першої структури.

1. Варецький Ю.Е., Кенс Ю.А., Гапанович В.Г. Быстродействующая фазная компенсация несимметричных нагрузок статическими компенсаторами // Техническая электродинамика. – К.: Наук. думка, 1987. – № 3. – С. 51–57. 2. Варецький Ю.Е., Гапанович В.Г., Кенс Ю.А. Датчики параметров регулирования статических тиристорных компенсаторов // Вестн. Львов. политехн. ин-та. – 1986. – № 204. – С. 10. 3. Варецький Ю.Е., Гапанович В.Г., Кенс Ю.А. Помехоустойчивость быстродействующих датчиков для регуляторов статических компенсаторов // Техническая электродинамика. – К.: Наук. думка, 1987. – № 4. – С. 95–99. 4. Равлик О.М., Гречин Т.М., Лисяк Г.М. Программный комплекс для дослідження електротехнічних систем // Тез. доп. 1-ї Міжнар. наук.-техн. конф. “Математичне моделювання в електротехніці й електроенергетиці”. – Львів, 1995. – С.79. 5. Гапанович В.Г., Маврін О.І., Олійник В.П., Равлик О.М. Дослідження впливу додаткового контуру стабілізації за постійною складовою на динамічні показники статичного тиристорного компенсатора // Електроенергетичні і електромеханічні системи. – 2006. – № 563.

УДК 62-83:621.313.3

Б.Л. Карплюк, Л.Ф.Карплюк, Б.Я. Панченко
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕАП

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ НАВАНТАЖЕННЯ З КРИВОШИПНО-ШАТУННИМ МЕХАНІЗМОМ

© Карплюк Б.Л., Карплюк Л.Ф., Панченко Б.Я., 2008

Проаналізовано роботу системи керування частотно-керованим електроприводом кривошипно-шатунного механізму. Розроблено методику налаштування контуру регулювання швидкості. Результати досліджень можна використовувати під час розроблення нових систем електроприводів

The control system of electric drives with Crankshaft mechanism load has been analyzed. Method of tuning speed feedback adjusting was developed. The result can be used for the designing new systems of electric drives.

Постановка задачі. Встановлення сучасних систем електропривода дає змогу отримати високі енергоекономічні та масо-габаритні показники. Особливий інтерес становить встановлення сучасних електроприводів на механізми з циклічно-змінними в функції кута повороту моментами інерції. До таких механізмів належить машини з кривошипно-шатунними або ексцентриковими механізмами: лісопилільні рами, стругальні верстати. Проте, як показав досвід експлуатації, впровадження тут нових перспективних з погляду енергозбереження систем електропривода не завжди дозволяє отримати сподіваний результат. Одним з напрямків забезпечення ефективності є правильний вибір параметрів системи автоматичного регулювання

Аналіз останніх досягнень. Механізми зі змінним моментом інерції створюють змінне навантаження для електропривода і тому, з метою зменшення потужності привідного двигуна мають великий момент інерції, або комплектуються механізмами нагромадження кінетичної енергії – маховиками. Необхідною вимогою є регулювання швидкості, тому тут традиційно застосовують

електропривід з двигунами постійного струму за його живлення від генераторів постійного струму (система Г-Д). Останнім часом для таких електроприводів застосовують тиристорні перетворювачі з двигунами постійного струму (система ТП-Д) або швидкодіючі частотні перетворювачі з асинхронними та синхронними двигунами змінного струму (відповідно, системи ТПЧ-АД та вентильний двигун постійного струму) [1]. Для формування статичних і динамічних характеристик тут, як правило, застосовується двоконтурна система підпорядкованого регулювання (СПР) з внутрішнім контуром струму, або, за можливостю, моменту та зовнішнім контуром швидкості з налаштуванням регуляторів за принципом технічної оптимізації.

Мета досліджень. Метою роботи є дослідження особливостей налаштування системи підпорядкованого регулювання електропривода механізму зі змінним моментом інерції.

Виклад основного матеріалу. Структурна схема системи електропривода ТПЧ-АД з двоконтурною СПР з внутрішнім контуром регулювання моменту M_d (регулятор РМ) та зовнішнім контуром регулювання швидкості ω_d (регулятор РШ) зображена на рис. 1.

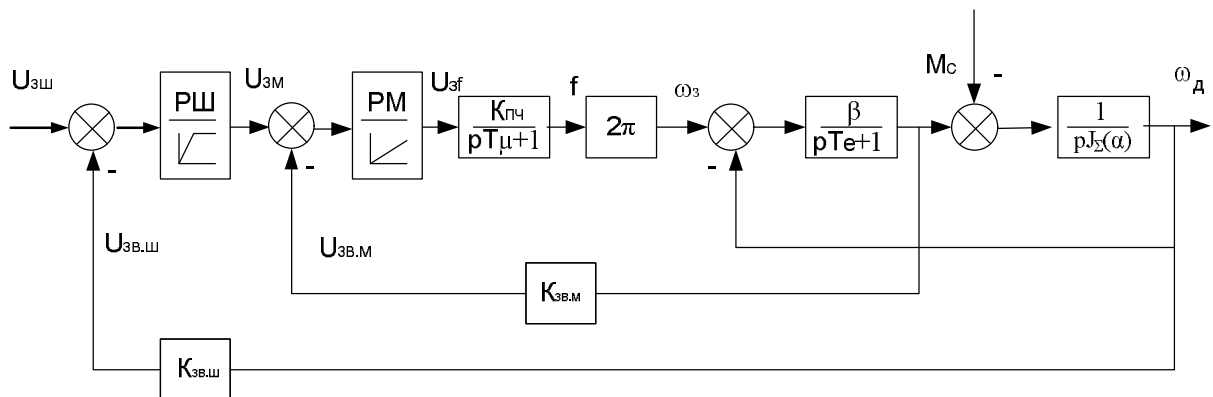


Рис. 1. Структурна схема електропривода

На схемі позначено: $\beta = 2M_k / s_k \cdot \omega_0$ або $\beta = 3U_{\phi} / \omega_0^2 R'_{2\Sigma}$ – коефіцієнт жорсткості робочого відрізка механічної характеристики $\omega_d(M)$ асинхронного двигуна з критичними моментом M_k і ковзанням s_k , швидкістю неробочого ходу ω_0 та приведеним до статора опором ротора $R'_{2\Sigma}$; T_e – електромагнітна стала часу двигуна; $J_{\Sigma}(\alpha) = J_0(1 + k_J \cdot \sin^2 \alpha)$ – сумарний момент інерції двигуна та механізму, залежний від кута повороту α цапфи кривошипно-шатунного механізму, $k_J = J_1 / J_0$ – коефіцієнт пропорційності змінної та постійної складових моментів інерції; $U_{зш}$ та $U_{зм}$ – сигнали завдання регулятору швидкості та регулятору моменту; $K_{зв,ш}$ та $K_{зв,м}$ – коефіцієнти зворотних зв'язків за швидкістю та моментом; $k_{пч}$ та T_{μ} – коефіцієнт підсилення та стала часу перетворювача частоти.

З теорії систем підпорядкованого регулювання відомо, що призначення внутрішнього контуру регулювання – компенсація електромагнітної сталої двигуна T_e , і він може бути налаштованим за "технічним оптимумом" з коефіцієнтом оптимізації $a_m = 2$. У такому разі необхідний ПІ-регулятор моменту з такою передатною функцією :

$$W_{PM}(p) = \frac{p \cdot T_e + 1}{p \cdot a_m \cdot T_{\mu} \cdot 2\pi \cdot k_{зв,м} k_{пч} \cdot \beta} \quad (1)$$

Зовнішній контур регулювання повинен компенсувати механічну інерційність і забезпечити максимальну швидкодію за відсутності статичного навантаження, яка відповідає коефіцієнту оптимізації $a_{ш} = 2$. Для цього необхідний ПІ-регулятор швидкості з коефіцієнтом підсилення

$$k_{PШ} = \frac{J_{\Sigma}(\alpha) \cdot k_{зв,м}}{a_{ш} \cdot T_{ш} \cdot k_{зв,ш}} \quad (2)$$

Система електропривода з такими регуляторами, вибраними за умови $a_m = a_{sh} = 2$ і максимального значення моменту інерції $J_{\Sigma \max}(\alpha)$, забезпечить максимальну швидкодію при заданому перерегулюванні регульованих координат 4.3%. Статизм швидкості $v = \Delta\omega_3 / \omega_n$ становить

$$v = \frac{a_{sh} \cdot T_{\mu sh}}{J_{\Sigma \max}(\alpha)} \cdot \frac{\Delta\omega_p}{\omega_n}, \quad (3)$$

де $\Delta\omega_p$, $\Delta\omega_3$ – відповідно статична похибка розімкненої та замкненої систем електропривода.

Перехідні процеси швидкості та моменту в частотно-керованому електроприводі з АД загальнопромислового виконання з коефіцієнтом жорсткості природної механічної характеристики β , з урахуванням зміни моменту інерції в функції кута повороту кривошипного механізму показані на рис. 2, а. Коефіцієнт співвідношення мас $k_J = 0.2$.

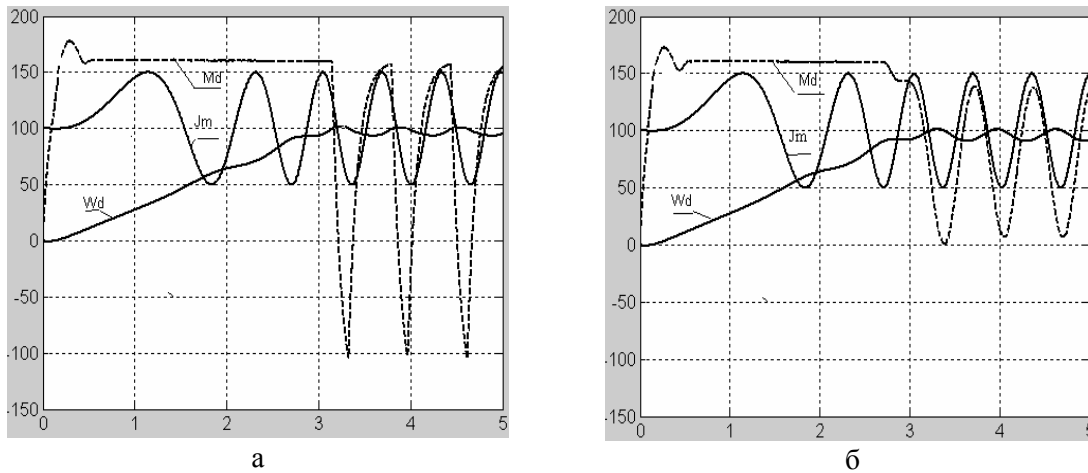


Рис. 2. Перехідні процеси в системі електропривода

Аналіз свідчить, що система електропривода забезпечує основні якісні показники процесів регулювання координат: перерегулювання не перевищують значення, допустимі з умови “технічної оптимізації”, забезпечується точна стабілізація швидкості під час зміни навантаження. Але момент двигуна тут досягає від’ємних значень, тобто двигун здійснює рекуперацію енергії, споживачем якої є ланка постійного струму перетворювача частоти. Значна кількість енергії призводить до перенапруг на конденсаторах, що спричинить аварійні відмикання перетворювача частоти.

Для забезпечення роботи електропривода без рекуперації, як показано в [2], необхідно забезпечити статичну точність системи електропривода

$$\frac{\Delta\omega}{\omega} = \frac{k_J \cdot \Delta\alpha \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot (1 + k_J \sin^2 \alpha)} \quad (4)$$

Підставляючи (4) в (2), з урахуванням, що для асинхронного двигуна $\frac{\Delta\omega_3}{\omega_n} = \frac{\omega_0 - \omega_n}{\omega_n} = s_{роз}$, можна визначити коефіцієнт оптимізації контуру регулювання швидкості

$$a_{sh} = \frac{k_J \cdot \Delta\alpha \cdot \sin 2\alpha}{2 \cdot (1 + k_J \sin^2 \alpha)} \cdot \frac{J_{\Sigma}}{T_{\mu sh} \cdot s_{роз}} \quad (5)$$

Залежність необхідної статичної похибки швидкості від кута повороту в зоні її найбільших значень показана на рис. 3. Підставляючи в рівняння (5) значення кута, за якого статична похибка є максимальною, можна вибрати коефіцієнт оптимізації контуру регулювання швидкості.

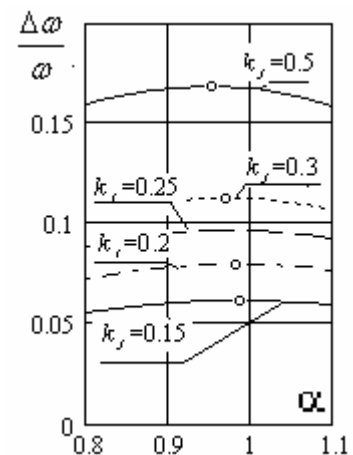


Рис. 3. Залежність необхідної статичної похибки швидкості від кута повороту в зоні її найбільших значень

Перехідні процеси в електроприводі за такого налаштування контуру швидкості зображені на рис. 2, б. Як показує аналіз, тут мінімальний момент двигуна не досягає від'ємних значень, що відповідає безрекуперативним режимам роботи електропривода. Порівняно середньоквадратичний момент двигуна в усталеному режимі роботи за період зміни моменту інерції. Розрахунок показує, що середньоквадратичне значення моменту електропривода з регулятором швидкості, налаштованим згідно з запропонованою методикою, є на 40 % меншим, ніж з регулятором, налаштованим на технічний оптимум. Отже, за забезпечення робочих режимів на стільки ж можна зменшити потужність приводного двигуна.

Висновки. 1. Використання електропривода за системою ТПЧ-АД для кривошипно-шатунних механізмів вимагає спеціального налаштування системи автоматичного регулювання.

2. Система керування повинна мати можливість формування характеристик з регулюванням жорсткості робочої ділянки механічної характеристики.

3. Правильний вибір налаштувань контуру регулювання швидкості дозволить мінімізувати потужність двигуна за забезпечення працездатності електропривода.

1. Piotr Huryn. *Serwonapedy B&R Acopos // Napedy i sterovanie*. –2004. –№718(63/64). –р.18-20.
2. Карплюк Б.Л., Карплюк Л.Ф., Панченко Б.Я. *Частотно-керований електропривод для навантаження з кривошипно-шатунним механізмом // Вісн. нац. ун-ту “Львівська політехніка”*. – 2006. – № 563. – С. 38–41.

УДК 621. 314

П.П. Климук, М.Й. Олійник, В.Г. Федішин
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕПМС

АНАЛІЗ ГАРМОНІЙНИХ СКЛАДОВИХ ВИПРЯМЛЕНОЇ НАПРУГИ ТРИФАЗНОГО МОСТОВОГО ВИПРЯМЛЯЧА ЗА УМОВИ ЙОГО ЖИВЛЕННЯ ВІД НЕСИМЕТРИЧНОГО ДЖЕРЕЛА НАПРУГИ

© Климук П.П., Олійник М.Й., Федішин В.Г., 2008

Отримані аналітичні вирази для визначення гармонійних складових випрямленої напруги трифазного мостового випрямляча за умови його живлення від несиметричного джерела напруги. Оцінено значення цих гармонійних складових в гранично-допустимих межах зміни несиметрії напруг джерела живлення.

This article contains the analytical expressions for determination of constituents of rectify tension of three-phase bridge rectifier on condition of his feed from the asymmetrical source of tension. The estimation of values of these harmonious constituents is executed in the maximum possible scopes of change of asymmetrical of tension source of feed.

Постановка проблеми. Реальні трифазні системи живлення, як правило, є несиметричними внаслідок нерівномірного розподілу навантаження між фазами, несиметрії магнітних опорів середньої та крайніх фаз трифазних трансформаторів тощо. Несиметрія напруг живлення спотворює форму випрямленої напруги трифазного мостового випрямляча, що є причиною появи в її складі додаткових (неканонічних) гармонійних складових [1]. Відзначена обставина зумовлює необхідність досліджень складу і амплітуд гармонік випрямленої напруги.