

УДК 681.511.4

Ю.О.Єрмолаєв, доц., канд. техн. наук., Г.В.Савеленко, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

Синтез регуляторів позиційного електропривода подачі електрода-інструмента на верстатах РОД з використанням стандартних налаштувань

У статті розглядається система підлеглого регулювання параметрів системи електропривод широтно-імпульсний багатокоординатний (ЕШІМ-1) – двигун постійного струму. Наведена структура системи підлеглого регулювання по положенню та запропонований її математичний опис. Розглянутий синтез регуляторів даної системи на базі модульного і симетричного критеріїв оптимізації контурів регулювання координат по струму, швидкості та переміщенню з використанням методу стандартних налаштувань.

система автоматичного управління, підлегле регулювання параметрів, позиційний електропривод, синтез регулятора, передаточна функція контуру

Ю.О.Єрмолаєв, Г.В.Савеленко

Кировоградский национальный технический университет

Синтез регуляторов позиционного электропривода подачи электрода-инструмента на станках РОД с использованием стандартных настроек

В статье рассматривается система подчиненного регулирования параметров системы электропривод широтно-импульсний многокоординатный (ЭШИМ-1) – двигатель постоянного тока. Приведена структура системы подчиненного регулирования по положению та предложено ее математическое описание. Рассмотрен синтез регуляторов рассматриваемой системы на базе модульного и симметричного критериев оптимизации контуров регулирования координат по току, скорости и перемещению с использованием метода стандартных настроек.

система автоматического управления, подчиненное регулирование параметров, позиционный электропривод, синтез регулятора, передаточная функция контура

Постановка проблеми. В статті [1] розглянуто опис САУ подачі електрода-інструмента (ЕІ) на верстаті розмірної обробки дугою (РОД).

Система управління приводом подачі ЕІ фактично працює в режимі позиціонування, при якому задачею системи є переміщення ЕІ із одного фіксованого положення в інше. Характер переміщення при цьому не суттєвий, головним є тільки мінімальне значення перерегулювання по положенню [7].

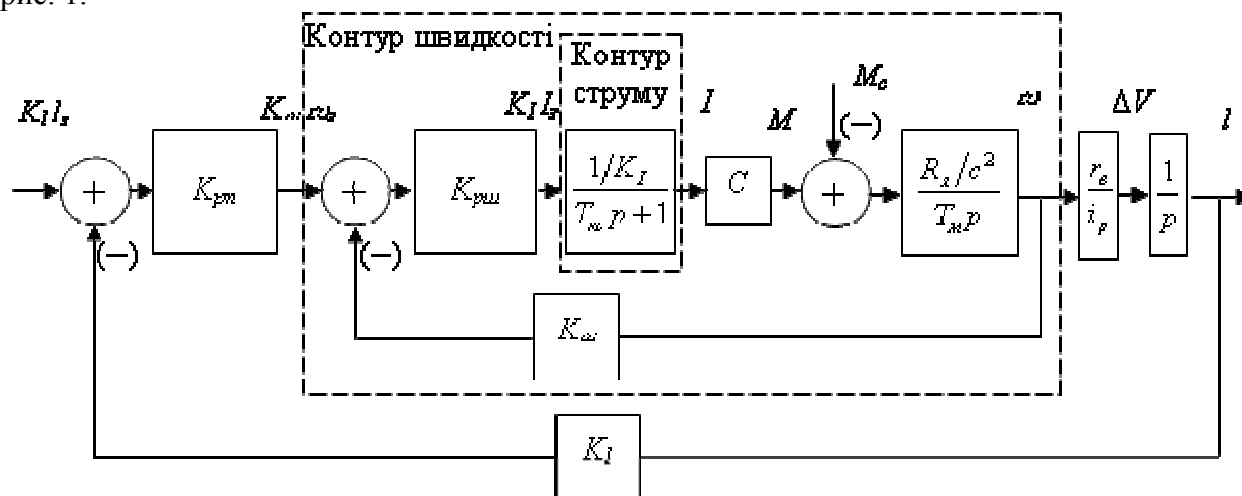
Аналіз останніх досліджень і публікацій. В теорії автоматизованого електропривода широковідомий принцип підлеглого регулювання параметрів, коли система автоматичного управління будується як багатоконтурна. Позиційний мікроелектропривод, як правило, має три контурну структуру. Зовнішній контур положення керує внутрішнім контуром швидкості, який в свою чергу, формує завдання на контур струму якоря двигуна. Питання побудови позиційного мікропривода з традиційними регуляторами струму і швидкості достатньо широко розглядаються в [2, 3, 7]. Якщо електропривод працює в режимі малих переміщень, то регулятор положення виконується частіше всього пропорційним [4, 5, 8]. Таке рішення обумовлене частіше всього тим, що механізми подач свердлильних верстатів, деяких розточних верстатів та верстатів РОД, для запобігання поломки інструмента ними, не допускають перерегулювання по положенню, або це перерегулювання повинно бути

досить незначним.

Мета роботи. Для розробленої структурної схеми позиційного електропривода переміщення електрода-інструмента верстату РОД, виконуючи умови технічного і симетричного оптимумів та використовуючи стандартну методику синтезу систем підлеглого регулювання, виконати синтез регуляторів струму, швидкості та положення для конкретної системи ЕШМ-ДПТ.

Основні матеріали дослідження. Стандартна процедура синтезу систем підлеглого регулювання передбачає «згортання» кожного внутрішнього контуру регулювання при переході до синтезу зовнішнього контуру при відомих недоліках цього методу.

Структурна схема системи підлеглого регулювання по положенню зображена на рис. 1.



K_{pm}, K_{pi} – коефіцієнти підсилення регуляторів положення та швидкості; K_l, K_{ω}, K_i – коефіцієнти оберненого зв'язку по струму, швидкості і положенню; C – коефіцієнт, що зв'язує момент з струмом двигуна; R_a – опір якорного ланцюга; i_p – передаточне число редуктора; r_e – радіус валу вихідного механізму; T_{κ} – постійна часу контуру струму; T_m – електро механічна постійна часу приводу

Рисунок 1 – Структурна схема позиційного електроприводу

На верстаті РОД в якості приводного двигуна електропривода подачі ЕІ використовується двигун типу ДП-60-90-4-24-Р11-Д0940-УХЛ4 з незалежним збудженням від постійних магнітів, в якості перетворювача використовується ЕШМ-1, який на структурній схемі контуру замінений аперіодичним ланцюгом. Це відповідає наближеному представленню як релейного так і аналогового контуру струму якоря. Оптимізація параметрів контуру струму проводиться при наступних припущеннях:

- режим струму якорного ланцюга двигун-перетворювач неперервний;
- не враховується вплив внутрішнього оберненого зв'язку по ЕДС двигуна.

В контурі струму електромагнітна постійна якорного ланцюга T_a є компенсуючою, а постійна часу T_n керуючого перетворювача – не компенсуючою постійною часу контуру і позначимо T_n як T_{κ} . Тоді передаточна функція регулятора струму [2, 5]:

$$W_{pc}(p) = \frac{R_a (T_a p + 1)}{2 T_{\kappa} K_l K_n p} = K_{pc} + \frac{1}{T_i p}, \quad (1)$$

де R_a – опір якорного ланцюга, Ом; T_a – електромагнітна постійна якоря, с; T_{κ} – постійна часу контуру струму, с; K_l – коефіцієнт оберненого зв'язку по струму; K_n – коефіцієнт підсилення регулятора перетворювача; K_{pc} – коефіцієнт підсилення регулятора струму; T_i – постійна часу інтегруючої частини, с.

Коефіцієнт підсилення регулятора струму визначаємо:

$$K_{pc} = \frac{R_{\text{я}} T_{\text{я}}}{2 T_{\text{кc}} K_I K_n} \quad (2)$$

Постійну часу інтегруючої частини визначаємо з співвідношення:

$$T_i = \frac{T_{\text{я}}}{K_{pc}} \quad (3)$$

Коефіцієнт підсилення керованого перетворювача визначаємо:

$$K_n = \frac{U_n}{U_{\text{зад max}}} \quad (4)$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму визначається з співвідношення:

$$K_I = \frac{U_{\text{ри max}}}{I_{\text{дон}}} \quad (5)$$

де $U_{\text{ри max}}$ – напруга насичення регулятора швидкості, В; $I_{\text{дон}}$ – допустимий (максимальний) струм двигуна постійного струму.

При синтезі регулятора швидкості передаточна функція замкнутого контуру струму з достатнім ступенем точності (зважаючи на малу некомпенсовану постійну часу $T_{\text{кc}}$) апроксимується виразом:

$$W_{\text{кc}}(p) = \frac{1/K_I}{2 T_{\text{кc}}^2 p^2 + 2 T_{\text{кc}} p + 1} = \frac{1/K_I}{2 T_{\text{кc}} p + 1} \quad (6)$$

Тоді некомпенсована мала постійна часу в контурі швидкості є величина $T_{\mu} = 2 T_{\text{кc}}$, а компенсована постійна часу – T_m .

Згідно умови технічного (модульного) оптимуму бажана передаточна функція розімкнутого контуру має вигляд:

$$W_{\text{о}}(p) = \frac{1/K_{\omega}}{2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} \quad (7)$$

Або за вимогами симетричного оптимуму:

$$W_{\text{о}}(p) = \frac{1/K_{\omega}}{2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} \frac{4 T_{\mu} p + 1}{4 T_{\mu} p} \quad (8)$$

Поділивши бажану передаточну функцію на передаточну функцію контуру швидкості, отримаємо згідно модульного оптимуму наступне:

$$W_{\text{ри}}(p) = \frac{1/K_{\omega} (T_{\text{кc}} p + 1) c T_m}{2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1) 1/K_I R_{\text{я}}} \quad (9)$$

Приймаючи $T_{\mu} = T_{\text{кc}}$, знайдемо коефіцієнт підсилення регулятора швидкості:

$$W_{\text{ри}}(p) = K_{\text{ри}} = \frac{T_m c K_I}{2 T_{\text{кc}} K_{\omega} R_{\text{я}}} \quad (10)$$

Проведемо заміну контуру швидкості аперіодичним ланцюгом з передаточною функцією:

$$W_{\text{ки}}(p) = \frac{1/K_{\omega}}{2 T_{\text{кc}} p + 1} \quad (11)$$

Знайдемо коефіцієнт підсилення регулятора положення. Бажана передаточна функція для контуру положення:

$$W_{\text{ош}}(p) = \frac{1/K_I}{2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} \quad (12)$$

При діленні бажаної передаточної функції на передаточну функцію контуру положення отримаємо:

$$W_{pi}(p) = \frac{1/K_l(T_{kc}p+1)p}{2T_{\mu}p(T_{\mu}p+1)1/K_{\omega}K_p} \quad (13)$$

При $T_{\mu}=2T_{kc}$ отримуємо:

$$W_{pn}(p) = K_{pn} = \frac{K_{\omega}}{4T_{kc}K_pK_l} \quad (14)$$

Виконаємо розрахунок системи, наведеної на рисунку 1, враховуючи наступні дані системи: $K_l = 0,36$; $K_{\omega} = 0,024$ В·с/рад; $K_l = 0,2$ В/мм; $K_n = 2,4$; $T_m = 30 \cdot 10^{-3}$ с; $T_{\mu} = 4,54 \cdot 10^{-3}$ с; $R_{яц} = 4,67$ Ом; $c = 0,03927$ Н·м/А; $r_{\delta} = 0,025$ м; $i_p = 2280$. В результаті розрахунку по формулам (2, 10, 14) знайдемо:

- коефіцієнт підсилення регулятора струму $K_{pc} = 0,365$;
- коефіцієнт підсилення регулятора по швидкості $K_{pi} = 0,189$;
- коефіцієнт підсилення регулятора по положенню $K_{pn} = 275,23$.

Отримані коефіцієнти передачі регуляторів забезпечують при обробці малих переміщень перерегулювання по положенню не більше 5%

Висновки

1. В статті приведена структурна схема системи підлеглого регулювання параметрів для привода переміщення електрода-інструмента, який працює в режимі позиціонування.

2. Наведена методика синтезу системи позиціонування з ціллю визначення передаточних функцій регуляторів та їх параметрів.

3. Приведений приклад вирішення задачі для конкретного приводу.

Список літератури

1. Ермолаєв Ю.О., Савеленко Г.В. Розробка САУ електромеханічного приводу верстата типу "ДУГА" на базі "ЭШИМ-1" // Збірник наукових праць КНТУ. Вип.15. Кіровоград: КНТУ, 2004. – С. 270-273.
2. Шрейнер Р.Т. Системы подчиненного регулирования электроприводов. Ч.1. Электроприводы постоянного тока с подчиненным регулированием координат / Р.Т. Шрейнер. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1997. – 279 с.
3. Гарнов В.К., Рабинович В.Б., Вишневецкий Л.М. Унифицированные системы автоуправления электроприводами в металлургии. Л.-М.: Из-во «Металлургия», 1971. – 216 с.
4. Динаміка двомасових систем стабілізації режиму в електродугових печах: монографія /Я.Ю. Марущак, А.О. Лозинський, А.П. Кушнір. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 224 с.
5. Симаков Г.М. Системы автоматического управления электроприводами: учеб. пособие /Г.М. Симаков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 116 с.
6. Электроприводы постоянного тока с вентильными преобразователями / С.К. Козырев и др. М., 1981. – 157 с.
7. Башарин А.В. Управление электроприводами. /А.В. Башарин, В.А. Новиков, Г.Г. Соколовский. – Л.: Энергоатомиздат, 1982. – 392 с.
8. Охоткин Г.П. Развитие теории динамических процессов и разработка быстродействующих полупроводниковых преобразователей для электропривода: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук : 05.09.12., 2006. – 422 с.

Y. Ermolaev, G. Savelenko

Kirovograd National Technical University

Synthesis of controllers position of the electric supply to the electrode-tool on the machine dimensional processing of arc with the standard settings

Developed the structural schema for electric drive positional moving electrode-tool of dimensional processing arc machine fulfilling the conditions of technical and symmetric optimums and using the standard method of synthesis of subordinate regulation.

Developed the structural schema of positional electric drive performed synthesis regulators currents, speeds and positions a particular system electric drive pulse width modulation multi-coordinate - DC motor by fulfilling the conditions of technical and symmetric optimums and using the standard method of synthesis of subordinate regulation

Describes methods of synthesis positioning system for the purpose of determination of transfer functions of regulators and their parameters. Describes of examples of solving problems for a particular occasion.

automatic control system, subordinate regulation of parameters, positional electric drive, the synthesis of the regulator, the transfer function of the contour

Одержано 19.04.13

УДК 621.391.83

В.А. Бісюк, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Програмне забезпечення АСК процесу індукційного нагрівання і наплавлення композиційних покриттів

Проведено дослідження процесів індукційного нагрівання та наплавлення. В ході досліджень визначено технологічні параметри, що впливають на якість поверхні, що підлягає обробці – це температура і тривалість процесу ІНН, а відповідно напруга та частота струму на індукторі.

Запропоновано АСК технологічним процесом індукційного наплавлення, яка розроблена на основі програмованої мікроконтролерної системи та відповідного програмного забезпечення.

Індукційне наплавлення, композиційне покриття, керування технологічним процесом, програмне керування, програмне забезпечення.

В.А. Бісюк, викл.

Кіровоградський національний технічний університет

Програмне забезпечення АСК процесу індукційного нагрівання і наплавлення композиційних покриттів

Проведено исследование процессов индукционного нагрева и наплавки. В ходе исследований определены технологические параметры, влияющие на качество поверхности, подлежащей обработке - это температура и продолжительность процесса ИНН, а соответственно напряжение и частота тока на индукторе.

Предложено АСК технологическим процессом индукционной наплавки, которая разработана на основе программируемой микроконтроллерной системы и соответствующего программного обеспечения.

Индукционная наплавка, композиционное покрытие, управление технологическим процессом, программное управление, программное обеспечение