

В.Г.Дрючин, Донбаський державний технічний університет

Ю.П.Самчелєєв, Донбаський державний технічний університет

І.С.Шевченко, Донбаський державний технічний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПІ-РЕГУЛЯТОРА ШВИДКОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НА БАЗІ РЕГУЛЬОВАНОГО ДЖЕРЕЛА СТРУМУ

Дрючин В.Г., Самчелєєв Ю.П., Шевченко І.С.

Визначення параметрів ПІ-регулятора швидкості електроприводу на базі регульованого джерела струму

Розглянуто електропривод постійного струму з ПІ-регулятором швидкості та релейною системою стабілізації струму. Наведено методику розрахунку параметрів ПІ-регулятора та результати моделювання.

Ключові слова: електропривод, ПІ-регулятор, система стабілізації струму.

Дрючин В.Г., Самчелєєв Ю.П., Шевченко І.С.

Определение параметров ПИ-регулятор скорости электропривода на базе регулируемого источника тока

Рассмотрен электропривод постоянного тока с ПИ-регулятор скорости и релейной системой стабилизации тока. Приведенная методика расчета параметров ПИ-регулятор и результаты моделирования.

Ключевые слова: электропривод, ПИ-регулятор, система стабилизации тока.

З ПІ-регулятором швидкості системи підлеглого регулювання електроприводів (ЕП) набули широке поширення. Струмовий контур таких систем виконує функцію регульованого джерела струму. В [1] розглянута система електроприводу, струмовий контур якої виконано на базі системи стабілізації струму (ССТ) з релейним регулятором [2], а регулятор швидкості – ПІ-регулятор. Проведений в [1] аналіз ЕП дозволив запропонувати методику розрахунку таких систем електроприводів з урахуванням насичення регулятора швидкості, визначення його параметрів, що забезпечують необхідні якісні показники. Заслугує

увагу аналіз систем електроприводу подібного типу з іншими типовими регуляторами швидкості і, зокрема, з ПІ-регулятором.

Отже задачею цього дослідження є визначення параметрів ПІ-регулятора швидкості системи електроприводу, виконаної на базі релейної ССТ, які забезпечували б необхідні якісні показники ЕП з урахуванням насичення регулятора.

Розглянемо ЕП з ПІ-регулятором швидкості, блок-схема якого представлена на рисунку 1.

Регулятор описується виразами:

$$u_{pc} = k_p \varepsilon + \frac{k_p}{T_n} \int \varepsilon dt, \quad \varepsilon \leq \delta \quad (1)$$

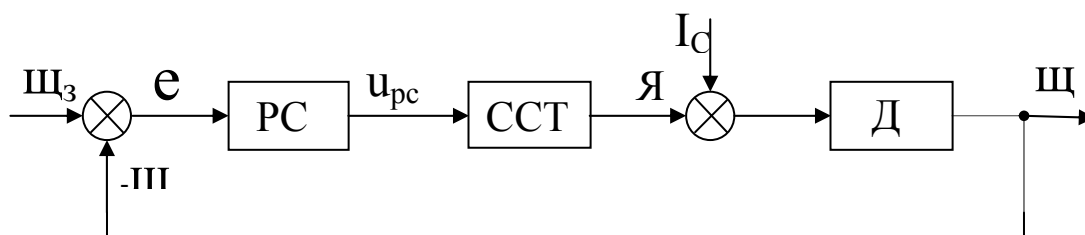
$$u_{pc} = B_c, \quad \varepsilon \geq \delta,$$

де u_{pc} – вихідний сигнал регулятора швидкості;

$\varepsilon = \omega_z - \omega$ – помилка системи електроприводу по швидкості;

k_p, T_n – параметри ПІ-регулятора;

B_c, δ – параметри зони насичення регулятора.



РС – регулятор швидкості; ССТ – система стабілізації струму якоря;

Д – електромеханічна частина електродвигуна.

Рис.1. Блок-схема електроприводу з ССТ

Робота ЕП з ПІ-регулятором швидкості розглядається відповідно до методики, прийнятої в [1] з урахуванням не лінійності характеристики регулятора.

При подачі на вхід системи ω_3 на виході РС, згідно (1), матимемо сигнал $u_{pc} = B_c$, відповідний певному струму завдання $I_3 = \frac{B_c}{k_T}$ (k_T – коефіцієнт передачі датчика струму в ССТ).

Вхід в режим стабілізації струму характеризується зміною струму на виході ССТ відповідно до [2]:

$$i = k_n \cdot k \cdot B_T (1 - e^{-t/T_j}), \quad (2)$$

а тривалість цього процесу визначається виразом:

$$t_1 = -T_j \ln \left(1 - \frac{I_3}{k \cdot k_n \cdot B_T} \right), \quad (3)$$

де $T_j = \frac{L_j}{R_j}$, $k = \frac{1}{R_j}$, R_j – параметри якірного ланцюга двигуна;

k_n – коефіцієнт передачі перетворювача;

B_T – «полиця» релейного регулятора струму.

При $t = t_1$ швидкість двигуна буде дорівнювати:

$$\omega_1 = \frac{k_d \cdot k_n \cdot B_T}{T_m} \left[(t_1 - t_1') + T_j (e^{-t_1/T_j} - e^{-t_1'/T_j}) \right], \quad (4)$$

де T_m – відповідно коефіцієнт передачі і електромеханічна постійна часу двигуна;

t_1' – час досягнення струмом ССТ значення, яке визначається виразом:

$$t_1' = -T_j \ln \left(1 - \frac{I_c}{k \cdot k_n \cdot B_T} \right). \quad (5)$$

При цьому помилка системи регулювання швидкості на даному інтервалі визначатиметься:

$$\varepsilon = \omega_3, \quad 0 \leq t \leq t_1';$$

$$\varepsilon = \omega_3 - \frac{k_d \cdot k_n \cdot B_T}{T_m} \left[(t - t_1') + T_j (e^{-t/T_j} - e^{-t_1'/T_j}) \right], \quad t_1' \leq t \leq t_1, \quad (6)$$

тобто ε і на виході регулятора швидкості відповідно до (1) має місце $u_{pc} = B_c$.

Інтегральна складова виходу регулятора швидкості до кінця першого інтервалу дорівнює:

$$\begin{aligned} u_{pcI}^n = & \frac{k_p}{T_n} (\omega_3 t_1 - \frac{k_p \cdot k_n \cdot B_T}{T_m} [\frac{1}{2} (t_1^2 - t_1'^2) - t_1' (t_1 - t_1') - T_{я}^2 \times \\ & \times (e^{-t_1/T_{я}} - e^{-t_1'/T_{я}}) - T_{я} e^{-t_1'/T_{я}} (t_1 - t_1')]) \end{aligned} \quad (7)$$

У режимі стабілізації струму (другий інтервал) на виході ССТ матимемо $I = I_3$.

Відповідно до рівняння руху електроприводу швидкість двигуна на даній ділянці визначається як:

$$\omega = \frac{k_d R_{я}}{T_m} (I_3 - I_c) \cdot t + \omega_1 \quad (8)$$

Помилка системи електроприводу в кінці даного інтервалу визначається виразом:

$$\varepsilon = \omega_3 - \omega_1 - \frac{k_d R_{я}}{T_m} (I_3 - I_c) \cdot t_2 \quad (9)$$

З умови рівності $\varepsilon = \delta$ визначається тривалість другого інтервалу

$$t_2 = \frac{(\omega_3 - \omega_1 - \delta) T_m}{k_d R_{я} (I_3 - I_c)} \quad (10)$$

Вихідний сигнал регулятора швидкості в кінці другого інтервалу визначається виразом:

$$u_{pcII}^n = u_{pcII}^n + u_{pcII}^n = k_p \delta + \frac{k_p T_m ((\omega_3 - \omega_1)^2 - \delta^2)}{2 T_n k_d R_{я} (I_3 - I_c)} + u_{pcII}^n = B_c \quad (11)$$

При $t > t_2$ помилка системи зменшується, що відповідно до (1) приведе до зменшення u_{pc} і відключення двигуна від ССТ і замиканню обмотки якоря через зворотний діод [2].

Струм двигуна на цьому інтервалі визначатиметься виразом:

$$I = I_3 e^{-t/T_{cp}}, \quad (12)$$

де $T_{cp} = T \frac{m+1}{2}$ – постійна часу на початку даного інтервалу.

Тривалість зміни струму від $I = I_3$ до $I = I_c$ (час третього інтервалу) визначається з (12):

$$t_3 = T \frac{m+1}{2} \ln m \quad (13)$$

На цьому інтервалі швидкість двигуна продовжуватиме збільшуватися (оскільки $> I$), а помилка:

$$\varepsilon = \delta - \frac{k_d R_{я}}{T_m} [T_{cp} I_3 (1 - e^{-t/T_{cp}}) - I_c \cdot t] \quad (14)$$

зменшуватиметься. В кінці третього інтервалу помилка системи повинна стати рівною нулю, тобто:

$$\frac{k_d R_{я}}{T_m} (T_{cp} I_3 (1 - e^{-t_3/T_{cp}}) - I_c \cdot t_3) = \delta \quad (15)$$

Враховуючи (13), вираз (15) можна записати:

$$\delta = \frac{k_d R_{я}}{T_m} T_{cp} (m - 1 - \ln m) I_c \quad (16)$$

Вихідний сигнал регулятора швидкості в кінці третього інтервалу повинен забезпечувати на виході ССТ $I = I_c$, тобто:

$$u_{pcIII} = \frac{k_p T_{cp} \ln m}{T_n} \delta - \frac{k_d k_p R_{я} T_{cp}^2}{2 T_n T_m} [(2I_3 - I_c \ln m) \ln m - 2(I_3 - I_c)] + u_{pcII} = \frac{B_c}{m} \quad (17)$$

Проведений аналіз системи регулювання швидкості з ПІ-регулятором швидкості і релейної ССТ дозволяє здійснити вибір параметрів ПІ-регуляторів в наступній послідовності:

- з умови забезпечення граничної швидкодії вибирають величину параметру $B_c = k_T I_3 = k_T \cdot 2,5 I_n$ (I_n – номінальний струм двигуна);

- для номінального навантаження ($I_c = I_n$) визначаємо δ ПІ-регулятора відповідно до (16);

- вирішуючи спільно (11) і (17) з урахуванням (7), (3), (5) і знайдемо k_p і T_n ПІ-регулятора;

- відповідно до (3), (5), (10), (13) визначимо тривалість розгону двигуна до заданої швидкості при знайдених параметрах ПІ-регулятора.

Робота системи електроприводу з ПІ-регулятором швидкості, параметри якого визначені по запропонованій методиці, представлена на рисунку 2.

Таким чином робота електроприводу на базі ССТ з релейним управлінням і ПІ-регулятором швидкості, з параметрами визначеними по запропонованій методиці, має завдані якісні показники, що підтверджене моделюванням.

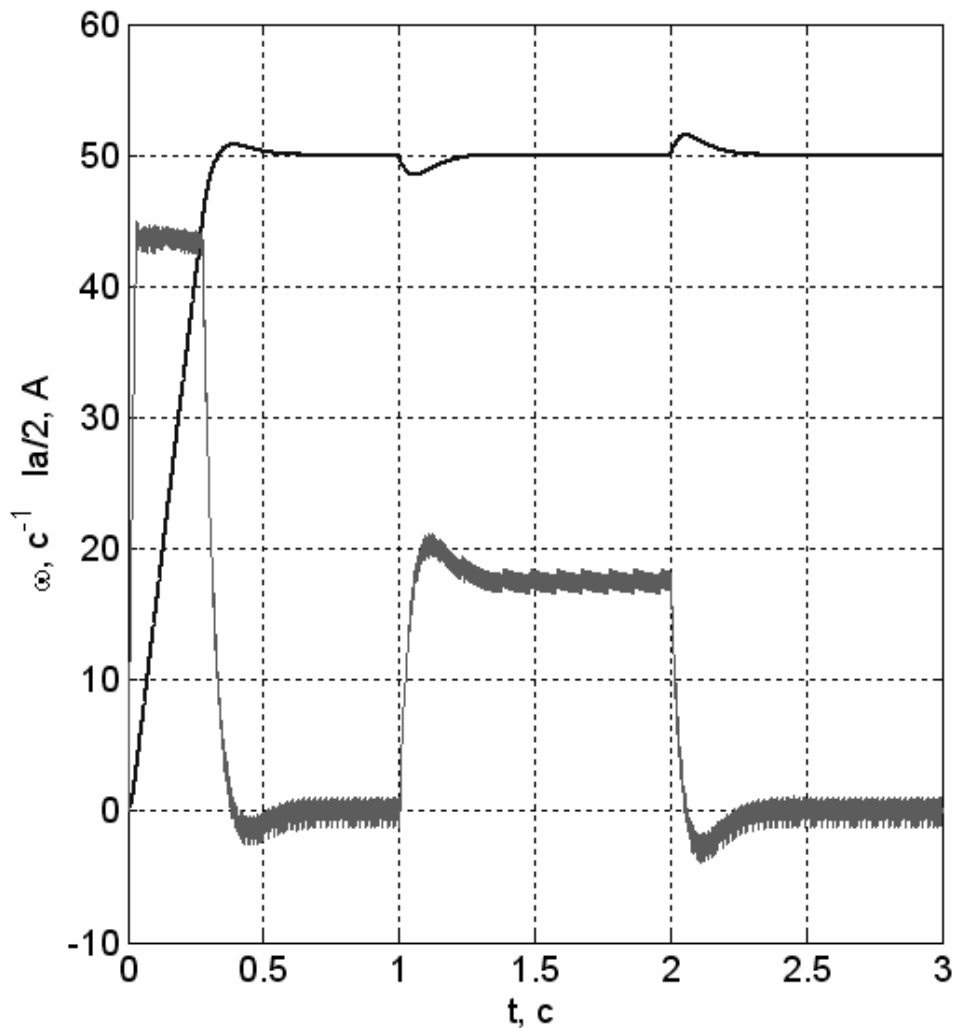


Рис.2. Перехідні процеси швидкості і струму в режимі пуску і скидання-накидання навантаження

Література

1. **Дрючин В.Г.**, Самчелеев Ю.П., Шевченко И.С. Электропривод на базе регулируемого источника постоянного тока. // Сборник научных трудов. – 2005. – выпуск №19 – С. 404–409.
2. **Самчелеев Ю.П.**, Скурятин Ю.В., Дрючин В.Г. и др. Система стабилизации тока с релейным управлением. // Электротехника и электроэнергетика. – 2004. - №1. – С. 60–66.

Druchin V.G., Samcheleev U.P., Shevchenko I.S.

Determination of parameters is PI-regulator of speed of electric drive on a base managed source of current.

Electric drive a direct current with a speed PI-governor and relay's system stabilizing a current is reviewed. Techniques calculation parameters PI- regulator and outcomes simulation are submitted.

Key words: electric drive, PI-regulator, system of stabilization of current.

Відомості про авторів

Дрючин Віктор Гаврилович – кандидат технічних наук, завідувач кафедри "Теоретична і загальна електротехніка" Донбаського державного технічного університету.

Самчелєєв Юрій Павлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри "Теоретична і загальна електротехніка" Донбаського державного технічного університету.

Шевченко Іван Степанович – кандидат технічних наук, професор кафедри "Автоматизовані електромеханічні системи" Донбаського державного технічного університету.