

ОПТИМАЛЬНА СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ СТРУМУ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Кудін В.Ф., д.т.н., професор; Худенко В.В., магістр.

кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу

Розглянута задача синтезу оптимального регулятора для стабілізації струму дугової сталеплавильної печі (в подальшому ДСП).

ДСП являються агрегатами для отримання різних видів сплавів і сталей за допомогою електричної дуги, що робить виробництво сталі більш економічно і екологічно вигіднішим ніж доменна плавка металу. ДСП складається з потужного трьохфазного понижуючого високовольтного трансформатору, короткої мережі, електроприводу переміщення електродів, каретки, електродів, ванни в яку загрузається шихта і в подальшому плавиться метал.

Задачею електроприводу переміщення електродів є переміщення електродів закріплених на каретці вгору вниз, тим самим забезпечуючи загорання дуги між електродом і шихтою і регулювання довжини дуги, що обернено пропорційна її силі струму.

До електроприводу переміщення електродів ставляться такі вимоги як швидкодія, для швидкого усунення короткого замикання або обриву дуги, бажано при аперіодичному процесі, відсутність коливань, надійність [1]. В залежності від системи автоматичного керування електроприводу переміщення електродів та його компонентів буде залежати наскільки швидко буде відбуватися процес плавки металу, а значить кількість енергії, що споживається та собівартість металу.

Електропривод переміщення електродів ДСП складається з перетворюючого пристрою, двигуна, редуктора, шестерні - рейки, що переміщує каретку на якій закріплені електроди [2]. Щоб забезпечити надійність і швидкодію в роботі електроприводу в якості двигуна був вибраний асинхронний двигун з КЗ ротором (менший момент інерції в порівнянні з двигунами постійного струму), а для регулювання його швидкості і моменту система ПЧ – АД. Згідно [2] для ДСП5 була вибрана потужність двигуна і розраховані передаточне число редуктора і шестерні – рейки.

Так як передаточний механізм має важливий вплив на якість системи, то щоб врахувати затримку викликану люфтом редуктора, його передаточна функція приймається аперіодичною ланкою першого порядку.

$$W_{ii}(p) = \frac{D/2i}{T_p p + 1}$$

Об'єктом керування в електроприводі є ДСП і її передаточна функція [3] є інтегратор помножений на коефіцієнт підсилення за струмом k_i , що визначається за формулою (1).

$$k_I = \beta \frac{r + \rho}{x^2 + r^2 + r\rho} \quad (1)$$

Структурна схема оптимальної системи автоматичного керування стабілізації струму дуги представлена на рисунку 1.

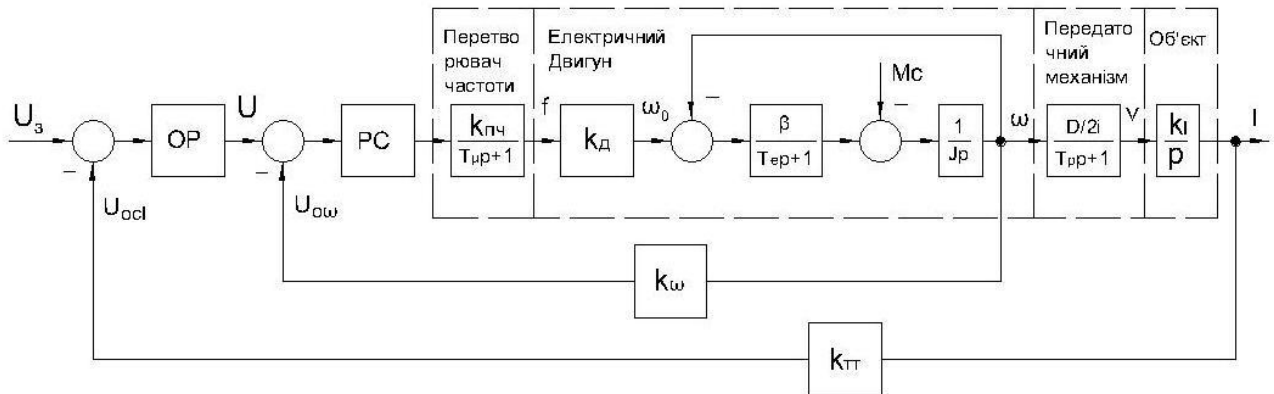


Рисунок 1 – Структурна схема оптимальної САК стабілізації струму дуги

Згідно рисунку 1 дана система складається з локальної системи підпорядкованого керування кутової швидкості двигуна і оптимальної системи керування струмом дуги.

Локальна система підпорядкованого керування кутової швидкості настроєна на модульний оптимум і в результаті синтезу дає ПІД регулятор.

$$W_{p\omega}(p) = \frac{T_m T_e}{T_u} p + \frac{T_m}{T_u} + \frac{1}{T_u p}; \quad T_u = 2k_\omega k_{i\div} k_A T_\mu$$

Даний регулятор компенсує великі сталі часу двигуна і приводить дану локальну систему до аперіодичної ланки першого порядку:

$$W_{\varsigma\omega}(p) = \frac{1/k_\omega}{2T_\mu p + 1} \quad (2)$$

Для синтезу оптимального регулятора необхідно записати систему диференційних рівнянь, що описує дану САК з урахуванням (2).

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= I = k_I x_2 \\ \dot{x}_2 &= V = -\frac{1}{T_p} x_2 + \frac{Dk_p}{2T_p} x_3 \\ \dot{x}_3 &= \omega = -\frac{1}{2T_\mu} x_3 + \frac{1}{2T_\mu k_\omega} U \end{aligned}$$

Ці рівняння у векторно - матричній формі мають вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & k_I & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_p} & \frac{Dk_p}{2T_p} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{2T_\mu} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{2T_\mu k_\omega} \end{bmatrix} \quad C = [1 \ 0 \ 0] \quad D = 0$$

Для синтезу лінійного регулятора по квадратичному критерію для неперервних систем на ЕОМ, використаємо команду MATLAB LQR, яка виконує функцію $[k, s, e] = \text{LQR}(A, B, Q, R)$. Ця функція полягає у обчисленні матриці оптимального підсилення K ланцюга зворотного зв'язку $U = -KX$, який мінімізує квадратичний функціонал.

Замкнувши систему і дослідивши динаміку оптимальної системи стабілізації струму ДСП на ЕОМ із застосуванням пакета MATLAB отримали перехідний процес зображений на рисунку 2, що відповідає заданим вимогам.

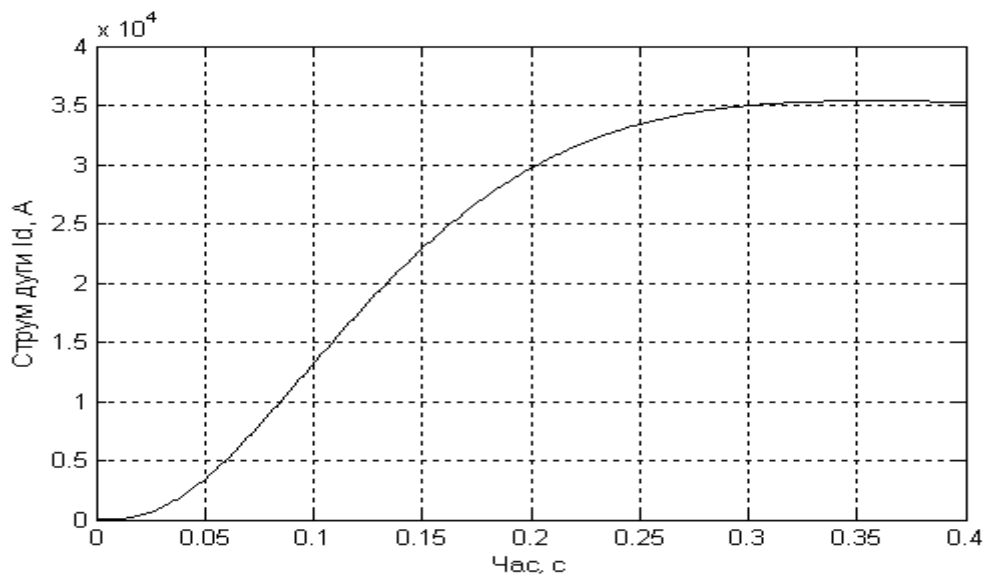


Рисунок 2 – Реакція замкнутої оптимальної САК стабілізації струму дуги на максимальний сигнал завдання

Перелік посилань

1. Фарнасов Г. А. Автоматизация процессов электроплавки стали. М., 1972
2. Ефроймович Ю. Е. Автоматическое регулирование дуговых металлургических печей. М., 1951
3. Пирожников В. Е. Автоматизация контроля и управления электросталеплавильных установок. М., 1974