

УДК 681.51, 621.365

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ДУГ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ З НЕЧІТКИМ ПАРАЛЕЛЬНИМ КОРЕКТОРОМ

О. Ю. Лозинський, Я. С. Паранчук, В. І. Мороз, Р. Я. Паранчук

Національний університет “Львівська політехніка”
вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: yparanchuk@yahoo.com

Обґрунтовано стратегію досконалення систем регулювання потужності дуг дугових сталеплавильних печей на основі методів нечіткого керування. Опрацьовано структуру електромеханічної системи регулювання потужності дуг дугової сталеплавильної печі з нечіткою паралельною корекцією. Спроектовано нечіткий регулятор та запропоновано модель формування сигналу керування. Розроблено цифрову модель спроектованої системи. Подано результати досліджень електричного режиму на цифровій моделі. Отримані результати показали поліпшення динамічної точності стабілізації координат електричного режиму і підвищення енергоефективності.

Ключові слова: нечіткий регулятор, корекція, стабілізація, регулятор потужності дуг.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ МОЩНОСТИ ДУГ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ С НЕЧЕТКИМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ КОРРЕКТОРОМ

О. Ю. Лозинский, Я. С. Паранчук, В. И. Мороз, Р. Я. Паранчук

Национальный университет “Львовская политехника”
ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: yparanchuk@yahoo.com

Обоснована стратегия усовершенствования систем регулирования мощности дуг дуговых сталеплавильных печей на основе методов нечеткого управления. Предложена структура электромеханической системы регулирования мощности дуг дуговой сталеплавильной печи с параллельной нечеткой коррекцией. Синтезирован нечеткий регулятор и предложена модель формирования сигнала управления. Разработана цифровая модель спроектированной системы. Приведены результаты исследований электрического режима на цифровой модели. Полученные результаты подтвердили улучшение динамической точности стабилизации координат электрического режима и улучшение энергоэффективности.

Ключевые слова: нечеткий регулятор, коррекция, стабилизация, регулятор мощности дуг.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Дугові сталеплавильні печі (ДСП) як об'єкти керування відносяться до класу складних системи. За технологічних причин електричний режим (ЕР) ДСП динамічно змінюється упродовж плавки. Характер зміни напруг, струмів та потужностей дуг є нестаціонарний. Відхилення електричного режиму від заданого знижує продуктивність дугової печі та погіршує значення техніко-економічних показників як самої дугової печі, так і електропостачальної мережі. Основна вимога, що ставиться до систем автоматичного керування режимами плавлення, полягає у необхідності якісної стабілізації координат ЕР на рівні апріорно синтезованих для кожної технологічної стадії плавки значеннях, зокрема оптимальних за певними критеріями.

Існуючі системи керування режимами ДСП не відповідають комплексу вимог у повній мірі. Зокрема точність регулювання довжин дуг в існуючих системах автоматичного регулювання (САР) довжин дуг є невисока, що не дає змоги отримати високі показники енергоефективності, енергозбереження, електромагнітної сумісності та екології [1].

Зважаючи на складність системи керування, динамічність, нестаціонарність, нелінійність та пофазну несиметрію і взаємозв'язаність режимів, параметричну нестабільність, неможливість отримати точні математичні моделі силового кола, реалізувати якісну стабілізацію координат ЕР на основі методів класичної теорії керування неможливо.

Для вирішення окресленої задачі пропонується використати підходи на основі методів новітньої теорії керування, а саме реалізувати адаптивну якісну стабілізацію координат ЕР на основі методів теорії нечіткого керування [2]. З огляду літератури та аналізу практичних застосувань, такий підхід є ефективним саме для умов відсутності точного математичного

опису, дії параметричних та координатних збурень, що відповідає особливостям режимів ДСП.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ. Оптимальним для системи регулювання положення електродів є реалізація процесу відпрацювання збурень за довжиною дуг за аперіодичним (чи близьким до нього) законом руху електрода і за максимально можливою швидкістю, що позитивно впливає на інтегральний показник якості регулювання – на зниження дисперсії координат ЕР у процесі плавлення.

Запропоновану за окресленого вище підходу структуру системи регулювання положення електродів з нечіткою динамічною корекцією сигналу керування на переміщення електродів зображено на рис. 1.

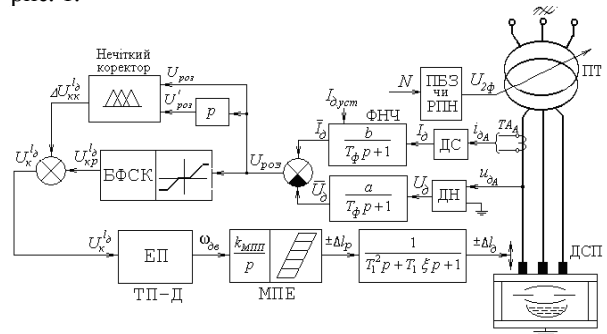


Рисунок 1 – Функціональна схема САР координат електричного режиму ДСП з нечітким коректором

Корегуюча складова сигналу керування ΔU_{KK}^b формується нечітким коректором, який включений паралельно до блоку формування сигналу керування ВФСК. Сигнал керування на переміщення електроду, що поступає на вхід тиристорного перетворювача ТТ

електроприводу ЕП механізму переміщення електрода МПЕ, розраховується за виразом:

$$U_{\kappa}^{l_{\delta}} = U_{\kappa P}^{l_{\delta}} + \Delta U_{\kappa \kappa}^{l_{\delta}}, \quad (1)$$

де $U_{\kappa P}^{l_{\delta}}$ – основна складова сигналу керування, що формується в БФСК у функції вхідного сигналу розузгодження: на $U_{\rho \rho 3} = a\bar{U}_{\delta} - b(\bar{I}_{\delta} - I_{\delta,ycm})$, де \bar{U}_{δ} , \bar{I}_{δ} – усереднені сигнали напруги та струму дуги, які формуються на виходах фільтрів низької частоти каналу напруги та струму дуги відповідно; a, b – сталі коефіцієнти пропорційності, що задають координати точки усталеного ЕР; $I_{\delta,ycm}$ – уставка за струмом дуги диференційної САР ЕР ДСП; $\Delta U_{\kappa \kappa}^{l_{\delta}}$ – вихідний сигнал нечіткого регулятора.

Коректор реалізовано на основі нечіткого регулятора Такагі-Сугено з постійним виходом. Вхідними його сигналами є сигнал розузгодження $U_{\rho \rho 3}$ та приріст цього сигналу $\Delta U_{\rho \rho 3}$ (рис. 1). Вихідний сигнал

$\Delta U_{\kappa \kappa}^{l_{\delta}}$ нечіткого коректора формується за такою моделлю правил нечітких продукцій: якщо $U_{\rho \rho 3_{\kappa}} \in A_{1\kappa}$ і $U_{\rho \rho 3_{\kappa}}' \in A_{2\kappa}$, тоді $\Delta U_{\kappa \kappa}^{l_{\delta}} \in B_{\kappa}$, де $A_{1\kappa}$, $A_{2\kappa}$ – області, яким можуть належати вхідні сигнали; B_{κ} – значення виходу для відповідного піддіапазону.

Оцінки параметрів функцій належності та значення вихідного сигналу для кожного піддіапазону отримані на основі опрацювання перехідних характеристик САР положення електродів при дії в системі різних за амплітудою та знаком детермінованих збурень за довжиною дуги, що отримувалися на її цифровій моделі, яка реалізована у програмі Simulink пакету MatLAB. У подальшому параметри функцій належності нечіткого коректора уточнювалися на цифровій моделі за розробленою методикою.

На рис. 2 показано фрагменти отриманих часових залежностей зміни струмів дуг при роботі САР ЕР ДСП без та з використанням нечіткої корекції. Дисперсія зменшилася з $3,46 \cdot 10^8 \text{ A}^2$ до $8,63 \cdot 10^7 \text{ A}^2$, тобто зменшилася у чотири рази. При відпрацюванні детермінованих збурень спроектованою САР ЕР з не-

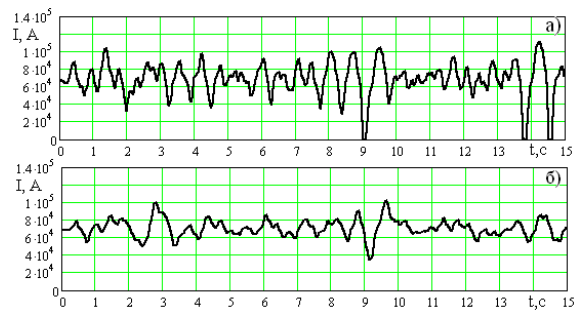


Рисунок 3 – Часові залежності зміни струму дуги без а) та з нечіткою корекцією б) відповідно

чіткою корекцією отримувався близький до аперіодичного закон регулювання довжини дуги, а час регулювання при цьому зменшувався в 1,4–1,6 разів.

Аналіз отриманих залежностей координат ЕР для різних технологічних стадій плавлення (для різних частотних параметрів збурень за довжиною дуги) показав, що дисперсії координат електричного режиму зменшувалися у 3–5 разів.

ВИСНОВКИ. Використання запропонованої моделі синтезу корегуючого сигналу на переміщення електродів на основі нечіткого регулятора, що відповідає стохастичній нелінійній природі процесів в об'єкті керування (силовому колі та дугових проміжках ДСП), дає змогу підвищити динамічну та статичну точність стабілізації координат ЕР ДСП у квазіусталених режимах, і, як наслідок, згідно з приведеними в [1] результатами досліджень, відповідно цьому покращити інтегральні значення показників електротехнологічної ефективності та електро-магнітної сумісності. Розроблена методика параметричного синтезу нечіткого регулятора з використанням цифрової моделі об'єкта керування дає змогу отримати оптимальні значення параметрів функцій належності за вибраним критерієм оптимальності, наприклад, за мінімумом дисперсії струмів дуг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Минеев А.Р., Коробов А.И., Погребиский М.Я. Моделирование электротехнологических процессов и установок. – М.: Спутник+, 2002. – 204 с.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие множества. – М.: Телеком, 2004. – 452 с.

ELECTRIC ARC FURNACE ELECTROMECHANICAL ARCS POWER CONTROL SYSTEM WITH FUZZY PARALLEL CORRECTOR MODES RESEARCH

O. Lozynskyy, Ya. Paranchuk, V. Moroz, R. Paranchuk

National University "Lviv Polytechnic"

vul. S. Bandery, Lviv, 12, 79013, Ukraine. E-mail: yparanchuk@yahoo.com

The strategy of arc furnace arcs power control system improvements using fuzzy control methods is substantiated. The structure of electromechanical arcs power control system with parallel fuzzy correction has been designed. Fuzzy controller has been designed, and model of control signal forming has been created. Digital model of the developed system has been implemented. Results of electrical regimes research using numerical simulation are shown. The obtained results showed improvement of electric mode coordinates dynamic stabilization accuracy and better energy efficiency.

Key words: fuzzy controller, correction, stabilization, arcs powers control.

REFERENCES

1. Mineev A.R., Korobov A.I., Pogrebisskiy M.Y. *Electrotechnological complexes and appliances simulation*. М.: Sputnik+, 2002. – 204 p. [in Russian]
2. Rutkovska D., Pilinski M., Rutkovski L. *Neural networks, genetic algorithms and fuzzy sets*. – М.: Telecom, 2004. – 452 p. [in Russian]

Стаття надійшла 13.07.2012.
Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Кореньковою Т.В.