

УДК 681.51, 621.365, 255:29.1

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ДОВЖИН ДУГ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ З НЕЙРОРЕГУЛЯТОРОМ

Я. С. Паранчук, А. Б. Мацигін, І. А. Андріяс, І. М. Лопух

Національний університет “Львівська політехніка”

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: Matsygin@ukr.net

Запропоновано структуру системи регулювання електричного режиму дугової сталеплавильної печі з нейрорегулятором. Виконано проектування нейрорегулятора NARMA-L2 Controller. Створено цифрову модель системи регулювання електричного режиму дугової сталеплавильної печі з нейрорегулятором. Подано результати комп’ютерного симулювання електричного режиму дугової сталеплавильної печі з нейромережевою системою керування. Отримані результати досліджень підтвердили поліпшення показників динаміки регулювання довжин дуг у порівнянні із серійним регулятором потужності.

Ключові слова: нейрорегулятор, стабілізація, комп’ютерна модель, регулятор потужності дуг.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ДЛИН ДУГ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ С НЕЙРОРЕГУЛЯТОРОМ

Я. С. Паранчук, А. Б. Мацигин, И. А. Андрияс, И. М. Лопух

Национальный университет “Львовская политехника”

ул. С. Бандери, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: Matsygin@ukr.net

Предложена структура системы регулирования электрического режима дуговой сталеплавильной печи с нейрорегулятором. Выполнено проектирование нейрорегулятора NARMA-L2 Controller. Составлена цифровая модель системы регулирования электрического режима дуговой сталеплавильной печи с нейрорегулятором. Представлены результаты компьютерного моделирования электрического режима дуговой сталеплавильной печи с нейросетевой системой управления. Полученные результаты подтвердили улучшение показателей динамики регулирования длин дуг по сравнению с типовым регулятором мощности.

Ключевые слова: нейрорегулятор, стабилизация, компьютерная модель, регулятор мощности дуг.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Існуючі системи автоматичного регулювання (САР) електричного режиму (ЕР) (регулятори потужності дуг) дугових сталеплавильних печей (ДСП) не задовольняють у повній мірі сучасним жорстким вимогам до динамічної та статичної точності підтримання координат ЕР. Причиною цьому є наявність суттєвих нелінійностей, зон нечутливості та люфтів в САР, об’єкті керування та у механізмі переміщення електродів, а також дія випадкових координатних та параметричних збурень. Ці фактори, а також значна інерційність існуючих САР призводять до значної дисперсії координат ЕР, що негативно впливає на техніко-економічні показники роботи ДСП [1]. Тому задача вдосконалення існуючих САР потужності дуг ДСП є актуальною та важливою. Для цього пропонується використати нейромережеві принципи керування, застосування яких доцільне саме для об’єктів із зазначеними вище особливостями режимів.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Для поліпшення показників динаміки опрацьовано структуру електромеханічної САР довжин дуг з нейрорегулятором (НР) (рис. 1). У цій системі двигун постійного струму через редуктор здійснює переміщення електроду, регулюючи довжини дуг і, як наслідок, напруги, струми та потужності дуг. Привод переміщення електродів (ППЕ) реалізований за схемою “тиристорний перетворювач–двигун постійного струму” (ТП–Д) з формуючими від’ємними зворотними зв’язками за струмом та швидкістю двигуна, а механізм переміщення електроду (МПЕ) є типу “шестерня–рейка”. Момент навантаження складає реактивний момент сухого й в’язкого тертя, невеликий момент дисбалансу рухомих мас та значний динамічний момент. Регулювання виконується за диференціальним законом $U_{roz} = bU_d - a(I_{d,уст} - I_d)$, де U_d, I_d – усереднені напруга та струм дуги, $I_{d,уст}$ – задане значення струму дуги, a, b – сталі коефіцієнти, що задають усталений електричний режим [1].

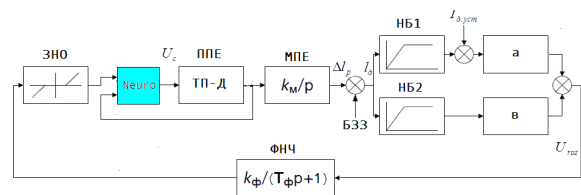


Рисунок 1 – Функціональна схема системи регулювання довжин дуг ДСП з нейрорегулятором

Для синтезу керування у схемі використано НР типу NARMA-L2 Controller, який включено на вході тиристорного перетворювача ППЕ. Нейрорегулятор неперервно формує сигнал керування на переміщення електроду $U_c = f(U_{roz})$ [2]. Проектування НР включало етап ідентифікації моделі об’єкту керування та етап синтезу закону керування. Для ідентифікації моделі об’єкту керування на основі нейронної мережі (НМ) розроблено Simulink-модель електроприводу та механізму переміщення електроду.

Нейронна мережа мала один прихований шар, вісім нейронів у прихованому шарі, три елементи запізнення на вході й два на виході. Розмір навчальної вибірки $N_B = 10000$, а крок дискретизації за часом – $\Delta t = 0,01$ с. Вектори входу НМ надавалися числовими масивами у форматі double, що відповідає груповому наданню даних. Масиви даних подавалися на вхід створеної Simulink-моделі об’єкту керування (ОК) для отримання реакції на вхідні дані. Simulink-модель ОК надавалася НР для навчання з метою відтворення його режимів. За результатами моніторингу цифрової моделі ОК формувалися тренувальні набори даних, які використовувалися для навчання НМ, що виконувалося з використанням функції trainlm, яка реалізує алгоритм Левенберга–Марквардта. Синтез нейрорегулятора виконувався активацією блоку NARMA-L2 Controller з бібліотеки додатку Simulink [2].

Нелінійний блок НБ1 відтворює лінеаризовану в околі робочої точки зовнішню характеристику печі $I_{\theta}(l_{\theta})$. Дуговий проміжок у моделі наданий статичною характеристикою дуги $U_{\theta} = g\psi(I_{\theta})$, де g – провідність стовпа дуги, що відтворювалась у нелінійному блоці НБ2. Механізм переміщення електрода подавався одномасовою ланкою. На виході суматора формувалася сигнал розузгодження $U_{роз}$.

Фільтр низької частоти (ФНЧ) відтворював інерційність формування сигналу керування і разом з елементом «зона нечутливості–обмеження» (ЗНО) та суматором подавав модель блоку формування сигналу розузгодження $U_{роз}$. Блок задання збурень (БЗЗ) формувалася часові залежності детермінованих та випадкових збурень за довжиною дуги $l_{зб}(t)$ для дослідження режимів САР на різних стадіях плавки.

Ефективність розробленої САР ЕР з нейрорегулятором оцінювалася порівнянням з роботою регулятора потужності дуг АРДМ–Т. Для цього виконувались математичні експерименти на створених її Simulink-моделях. Експерименти відрізнялися лише наявністю чи відсутністю блоку, що надавав модель нейрорегулятора NARMA–L2 Controller.

На рис. 2 показано залежності зміни довжини $l_{\theta}(t)$, струму $I_{\theta}(t)$ та напруги $U_{\theta}(t)$ дуги при відпрацюванні детермінованих збурень без а) і з б) НР.

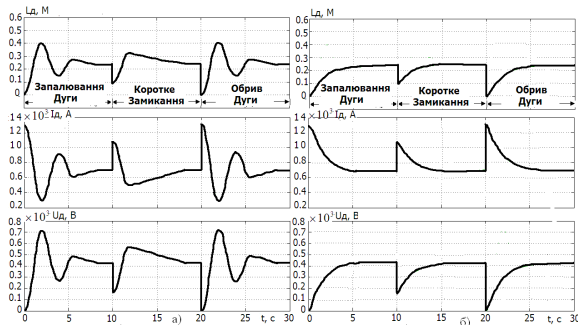


Рисунок 2 – Часові залежності $l_{\theta}(t)$, $I_{\theta}(t)$ та $U_{\theta}(t)$ без а) та з б) використанням нейрорегулятора

Керування з НР дає змогу реалізувати аперіодичний закон руху електрода (рис. 2,б), за якого

мінімізується дисперсія струмів дуг у квазіусталених режимах відпрацювання випадкових збурень. Час регулювання одиничних збурень менший на 30–40 %.

На рис. 3 показано часові залежності $l_{зб}(t)$, $l_{\theta}(t)$, $I_{\theta}(t)$ та $U_{\theta}(t)$ при роботі САР ЕР без а) та з б) використанням НР при дії випадкових збурень $l_{зб}(t)$. Аналіз залежностей $I_{\theta}(t)$ та $U_{\theta}(t)$ показав зменшення дисперсії напруг та струмів дуг при роботі САР з нейрорегулятором в 1,4–1,6 разів.

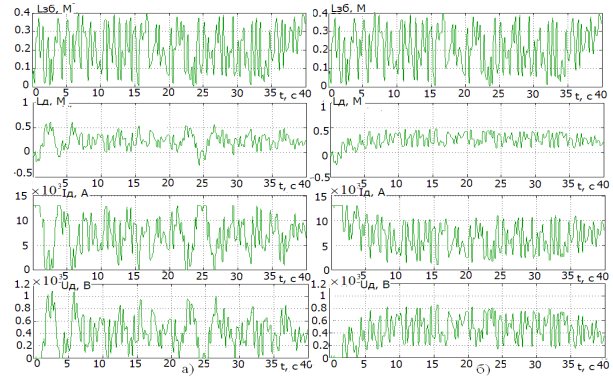


Рисунок 3 – Часові залежності $l_{зб}(t)$, $l_{\theta}(t)$, $I_{\theta}(t)$ та $U_{\theta}(t)$ без а) та з використанням нейрорегулятора б)

ВИСНОВКИ. Використання розробленої структури САР електричного режиму ДСП з нейроконтролером NARMA–L2 Controller дає змогу підвищити динамічну точність стабілізації координат ЕР на заданих рівнях. Час регулювання при відпрацюванні детермінованих збурень зменшується на 30–40 %, а дисперсія координат електричного режиму у квазіусталених режимах при дії випадкових збурень за довжиною дуги зменшується в 1,4–1,6 разів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Минеев А.Р., Коробов А.И., Погребисский М.Я. Моделирование электротехнологических процессов и установок. – М.: Спутник+, 2004. – 124 с.
2. Медведев В.С., Потемкин В.Г., Нейронные сети. MATLAB 6. – М.: Диалог–МИФИ, 2002. – С. 217–221.

NEUROCONTROLLER-BASED ARC STEEL MELTING FURNACE ARC LENGTHS CONTROL SYSTEM MODES RESEARCH

Ya. Paranchuk, A. Matsyhin, I. Andriyas, I. Lopuh
National University "Lviv Polytechnic"
vul. S. Bandery, 12, Lviv, 79013. Ukraine. E-mail: matsygin@ukr.net

A control system with neurocontroller for controlling arcs lengths in arc furnace is proposed. The design of the NARMA–L2 Controller has been executed. The digital model of the electric mode regulatory system for electric arc furnaces with neurocontroller has been created. The results of computer simulation of electric modes of arc steel furnace equipped with neural control system are shown. The research results confirmed the improvements of dynamics indices of arcs lengths control comparing to serial power controller.

Key words: arc steelmaking furnace, neurocontroller, computer model, arcs power regulator.

REFERENCES

1. Mineev A.R., Korobov A.I., Pogrebisskiy M.Y. Electrotechnological complexes and appliances simulation. – М.: Sputnik+, 2002. – 124 p. [in Russian]
2. Medvedev V.S., Potemkin V.G. Nneural networks. MATLAB 6. – М.: Dialog–MIFI, 2002. – PP. 217–221. [in Russian]

Стаття надійшла 13.07.2012.
Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Перекрестом А.Л.