

Марушка М. М. студент гр. 151м-20

Науковий керівник: Бубліков А. В., д.т.н., завідувач кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірjувальних систем

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Актуальність. Безперервний розвиток техніки, виникнення нових галузей промисловості викликають потребу у високоякісних сталях і сплавах. Особливо високі вимоги до якості сталей і сплавів пред'являє ракетна техніка, точне приладобудування і машинобудування, радіотехнічна, авіаційна, хімічна і інші галузі промисловості. Високоякісні сталі в основному виплавляють в дугових електропечах.

Кількість сталі, що виплавляється в електропечах, безперервно зростає. Доля сталі, що отримана в електропечах у світі, складає до 30 % [1]. За прогнозами її доля збільшуватиметься, у тому числі й в Україні, за рахунок зменшення долі сталі, що виплавляється в мартенівських печах. Разом зі збільшенням виробництва легованих сталей останніми роками зростає виплавка в електродугових печах сталей вуглецевих звичайних марок. Нині у ряді країн, у тому числі й в Україні, діють електродугові печі місткістю 80-100 т. та 200 т.

Таким чином, дослідження процесів автоматичного керування технологічними процесами в електродугових печах з метою збільшення ефективності їх роботи є актуальним науковим завданням.

Постановка завдання дослідження. Виплавка сталей включає наступні операції: розплавлення металу, видалення шкідливих домішок, що містяться в ньому, й газів, розкислювання металу, виливання його з печі в ківш для розливання по формах [2]. Розплавлення скрапу необхідно вести по можливості швидше і з мінімальною витратою енергії. Часто тривалість його перевершує половину тривалості усієї плавки, і при цьому витрачається 60-80% усієї електроенергії. Характерною особливістю періоду є неспокійний електричний режим печі. Дуга, що горить між кінцем електроду і холодним металом, нестабільна, її довжина невелика, й порівняно невеликі зміни в положенні електроду або металу (обвал, зрушення підплавленого шматка скрапу) викликають або обрив дуги, або, навпаки, коротке замикання.

У зв'язку з цим до процесу переміщення електродів у печі пред'являються досить жорсткі вимоги. Оскільки система, що керує переміщенням електродів, є фактично об'єктом управління для регулятора електричної потужності печі, від того, наскільки точно вона настроєна, залежить ефективність коригування введеної у піч потужності, а отже, й продуктивність та техніко-економічні показники роботи печі.

З оглядом на це, обрані критерії якості роботи системи автоматичного керування швидкістю переміщення електродів: максимальна швидкодія за умови відсутності перевищення допустимих швидкості й прискорення руху електродів.

Інструмент дослідження. Для дослідження алгоритмів автоматичного керування швидкістю переміщення електродів дугової сталеплавильної печі у додатку Simulink математичного пакету MATLAB створена імітаційна модель системи автоматичного керування.

Запропоноване рішення поставленого завдання. Система автоматичного керування швидкістю переміщення електродів є підпорядкованою системі керування відстанню, що пройшли електроди, оскільки саме останній параметр впливає на споживану піччю потужність, яка є основним керованим параметром. Внутрішній контур керування за швидкістю руху електродів введений окремо через підвищені вимоги до динаміки їх руху. Цей контур пропонується настроювати з оглядом на те, під який фільтр проводиться параметрична оптимізація зовнішнього контуру керування за пройденою електродами відстанню. Оскільки уставка для переміщення електродів частіше задається лінійною функцією часу, а до точності відпрацювання уставки переміщення пред'являються підвищені вимоги, зовнішній контур пропонується оптимізувати під фільтр Еллєрта [3]. Отже, настройка регулятора швидкості переміщення електродів повинна бути такою, щоб розімкнена передаточна функція контуру керування за пройденою електродами відстанню відповідала передаточній функції фільтра

Еллерта.

Результати проведених досліджень. Встановлено, що за умови оптимізації зовнішнього контуру керування за пройденою електродами відстанню під фільтр Еллерта замкнена передаточна функція системи автоматичного керування швидкістю переміщення електродів повинна відповідати підсилювальній ланці з коефіцієнтом підсилення одиниця. Але при цьому маємо суттєве перевищення фактичним прискоренням руху електродів свого допустимого значення. Тому до передаточної функції регулятора швидкості переміщення електродів у дуговій електросталеплавильній печі введена штучна інерційність, яка визначається постійною часу регулятора. При цьому за критерій якості настройки регулятора швидкості руху електродів введений критерій, що характеризує ступінь відхилення перехідного процесу на виході системи від одиничного східчастого сигналу (інтегральна похибка керування, що є площиною між графіком перехідного процесу та графіком східчастого сигналу).

Виявлено, що залежність інтегральної похибки керування від постійної часу регулятора швидкості руху електродів є прямою й майже лінійною. У свою чергу залежність максимального фактичного прискорення руху електродів від постійної часу регулятора швидкості є зворотною й практично лінійною. Таким чином, згідно з першою встановленою закономірністю, постійна часу регулятора повинна бути якомога менше, але, з оглядом на другу встановлену закономірність, постійна часу обирається такою, щоб фактичне максимальне прискорення руху електродів дорівнювало своєму допустимому значенню.

Висновки. Отримані результати досліджень дозволили запропонувати спосіб налаштування регулятора швидкості переміщення електродів у дуговій сталеплавильній печі для випадку використання підпорядкованої системи керування переміщенням електродів, де контур керування за швидкістю є внутрішнім. Цей спосіб дозволяє мінімізувати вплив інерційності контуру керування за швидкістю на перехідний процес на виході системи підпорядкованого керування за пройденою електродами відстанню, за рахунок чого забезпечується максимально точне позиціонування електродів без перевищення обмежень щодо динаміки їх руху.

Перелік посилань

1. Нікіфорова В. Економічний огляд металургійної галузі України / В. Нікіфорова, // Інститут економіки промисловості НАН України [сайт]. – Режим доступу: <https://rating.zone/ekonomichnyj-ohliad-metallurhijsnoi-haluzi-ukrainy/> (дата звернення 25.10.2021)
2. Свенчанский А. Д. Электрические промышленные печи. Ч.2. Дуговые печи. / А. Д. Свенчанский, М. Я.Смелянский. – М. : Энергия, 1970. – 264 с.

Анотація

Обґрунтована актуальність процесу автоматичного керування переміщенням електродів у дуговій електросталеплавильній печі. Розроблена імітаційна модель системи автоматичного керування швидкістю руху електродів як інструмент дослідження. Запропонований спосіб налаштування регулятора у внутрішньому контурі керування за швидкістю руху електродів за умови налаштування зовнішнього контуру керування за пройденою електродами відстанню під фільтр Еллерта.