

УДК 621.365.2:681.5

DOI: 10.25140/2411-5363-2017-3(9)-72-78

Роман Хрестін

СКЛАДАННЯ АЛГОРИТМУ ДІЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРИВОДОМ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЕЛЕКТРОДІВ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ

Актуальність теми дослідження. З огляду на ускладнення технологічних процесів електротермічного устаткування, постійно зростає рівень вимог до цього устаткування, стає необхідним все більш різнобічний та точний аналіз режимів його дії та проведення модернізації систем автоматичного керування цим устаткуванням.

Постановка проблеми. Забезпечення заданого електричного режиму дугової сталеплавильної печі здійснюється регулюванням довжини дуги та струму дуги. Таким чином, безумовно, важливими є питання, що пов'язані з побудовою системи автоматичного управління приводом переміщення електродів печі, яка здійснює вимірювання параметрів, що впливають на плавлення та виробляє керуючі впливи за закладеним алгоритмом для забезпечення встановленого електричного і технологічного режиму роботи печі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками дослідження зазначеної проблеми проводилося в багатьох наукових працях, в яких були запропоновані різноманітні підходи до побудови приводів переміщення електродів, їх автоматичних регуляторів та алгоритмів дії таких регуляторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Недоліком існуючих алгоритмів управління є те, що вони не дозволяють скоротити витрати матеріалу електродів, кількість та час аварійних переривань дії дугової сталеплавильної печі. Задані переривання існують завдяки неоднорідності складу шихти та пов'язаних з нею особливостей протікання процесу плавлення. Між масивними шматками шихти існують порожнини. У разі потрапляння електрода до такої порожнини дуга різко подовжується, електрод опускається в порожнину на підвищеній швидкості. При цьому можливими стають обвали масивних шматків шихти, що оточують порожнину, на електрод. В такому випадку відбувається сколювання або, навіть, зламвання електрода. Зіткнення електрода з такими шматками шихти призводить до аварійного короткого замикання і переривання плавлення.

Постановка завдання. Метою роботи є отримання більш ефективного алгоритму управління приводом переміщення електродів, який має запобігати розвитку аварій, що відбуваються у результаті описаних вище процесів.

Виклад основного матеріалу. Алгоритм управління приводом переміщення електродів складається з восьми можливих робочих та трьох аварійних станів системи. Кожен зі станів характеризується величинами таких змінних стану (показниками стану системи): l – висота підйому електрода; w – кутова швидкість двигуна; i_d – струм дуги; U_n – напруга живлення системи управління приводом переміщення електрода; U_c – напруга силового джерела живлення. Кожному стану системи відповідає наявність управляючих команд: «START» – дозвіл на початок дії печі; «STOP» – дозвіл на закінчення плавлення; «ZDN» – дозвіл на встановлення ненульового завдання за струмом дуги; «TM» – дозвіл на дію таймера (команда використовується тільки в аварійних станах).

Запропонована система управління приводом переміщення електродів може знаходитись в одній з трьох конфігурацій (CV1, CV2 та CV3). У роботі наведено алгоритм, за яким виборча ланка (арбітр) змушує систему управління переходити до однієї з описаних конфігурацій.

Висновки. Запропоновано структуру системи управління приводом переміщення електродів та сформульовано вимоги до її дії. Складено граф-схему алгоритму дії системи управління. Описані можливі стани системи та переходи між ними. Визначені можливі умови переходу системи до аварійного стану та способи повернення її до нормального режиму роботи.

Ключові слова: алгоритм управління; параметри плавки; привод переміщення електродів; дугова сталеплавильна піч.
Рис.: 3. Бібл.: 6.

Постановка проблеми. Відомо, що електричний режим дугової сталеплавильної печі (ДСП) протягом плавлення є нестабільним і супроводжується різкими коливаннями потужності [1]. Забезпечення заданого електричного режиму печі здійснюється регулюванням довжини дуги та, через це, струму дуги. Таким чином, безумовно, важливими є питання, що пов'язані з побудовою системи автоматичного управління (СУ) приводом переміщення електродів ДСП, яка здійснює вимірювання параметрів, що впливають на плавлення та виробляє керуючі впливи по закладеному алгоритму для забезпечення встановленого електричного і технологічного режиму роботи печі.

При цьому, з огляду на ускладнення технологічних процесів, постійно зростає рівень вимог до цього устаткування. Отже, стає необхідним все більш різнобічний та точний аналіз режимів дії електротермічного устаткування та проведення модернізації систем автоматичного керування цим устаткуванням на основі проведеного аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками дослідження встановленої проблеми проводилося в роботах [2–6], у яких були розглянуті математичні моделі отриманих систем управління та аналіз їх дії. У даних роботах запропоновані різ-

номанітні підходи до побудови приводів переміщення електродів (ППЕ), їх автоматичних регуляторів та алгоритмів дії таких регуляторів.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Недоліком існуючих алгоритмів управління є те, що вони не дозволяють скоротити витрати матеріалу електродів, кількість та час аварійних переривань дії ДСП. Згадані переривання існують завдяки неоднорідності складу шихти та пов'язаних з нею особливостей протікання процесу плавлення. Між масивними шматками шихти існують порожнини. У разі потрапляння електрода до такої порожнини дуга різко подовжується. Система управління ППЕ «намагається» скоротити довжину дуги, з метою відновлення номінальної величини струму дуги. В результаті електрод опускається в порожнину на підвищеній швидкості. При цьому можливими стають обвали масивних шматків шихти, що оточують порожнину, на електрод. У такому випадку відбувається сколювання або, навіть, зламування електрода. Зіткнення електрода з такими шматками шихти призводить до аварійного короткого замикання і переривання плавлення. Зламування ж електрода викликає необхідність довготривалого аварійного переривання плавки: потрібний час на заміну електрода. За час переривання плавки шихта встигає помітно охолонути, доводиться знов витратити енергію на нагрівання шихти. До того ж описані процеси можуть призводити до порушення умов технологічного процесу плавки, що негативно впливає на якість отриманої сталі.

Мета статті. З огляду на вищевказане метою роботи є отримання більш ефективного алгоритму управління ППЕ ДСП, який має запобігати розвитку аварій, що відбуваються у результаті описаних процесів.

Виклад основного матеріалу. Алгоритм управління приводом має забезпечувати такі дії системи управління: первинне запалювання дуги; підтримання заданого значення струму дуги за рахунок автоматичного регулювання довжини дуги у робочому режимі; автоматичний підйом електрода в разі наближення до аварійного стану (під аварійним станом розуміється обвал шихти на електрод); автоматичне повернення до робочого режиму в разі закінчення аварійного стану. Граф-схема отриманого алгоритму представлена на рис. 1. Алгоритм складається з восьми можливих робочих та трьох аварійних станів системи. Кожен зі станів характеризується величинами таких змінних стану (показниками стану системи): l – висота підйому електрода; w – кутова швидкість двигуна; i_d – струм дуги; U_u – напруга живлення СУ ППЕ; U_c – напруга силового джерела живлення. Кожному стану системи відповідає наявність управляючих команд: «START» – дозвіл на початок дії ДСП; «STOP» – дозвіл на закінчення плавлення; «ZDN» – дозвіл на встановлення ненульового завдання за струмом дуги; «TM» – дозвіл на дію таймера (команда використовується тільки в аварійних станах).

Початковий стан системи (стан 0): електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга живлення СУ ППЕ U_u нульова (СУ ППЕ вимкнена); напруга силового джерела U_c нульова (силова мережа вимкнута). Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли подається живлення від силової мережі на електрод.

Наступним станом системи є стан стоянки з мережею (стан 1): напруга живлення СУ ППЕ U_u нульова (СУ ППЕ вимкнена); електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна; при сигналі про відсутність (або невідповідний рівень) силового живлення виконується повернення до стану 0. Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли вмикається живлення СУ ППЕ.

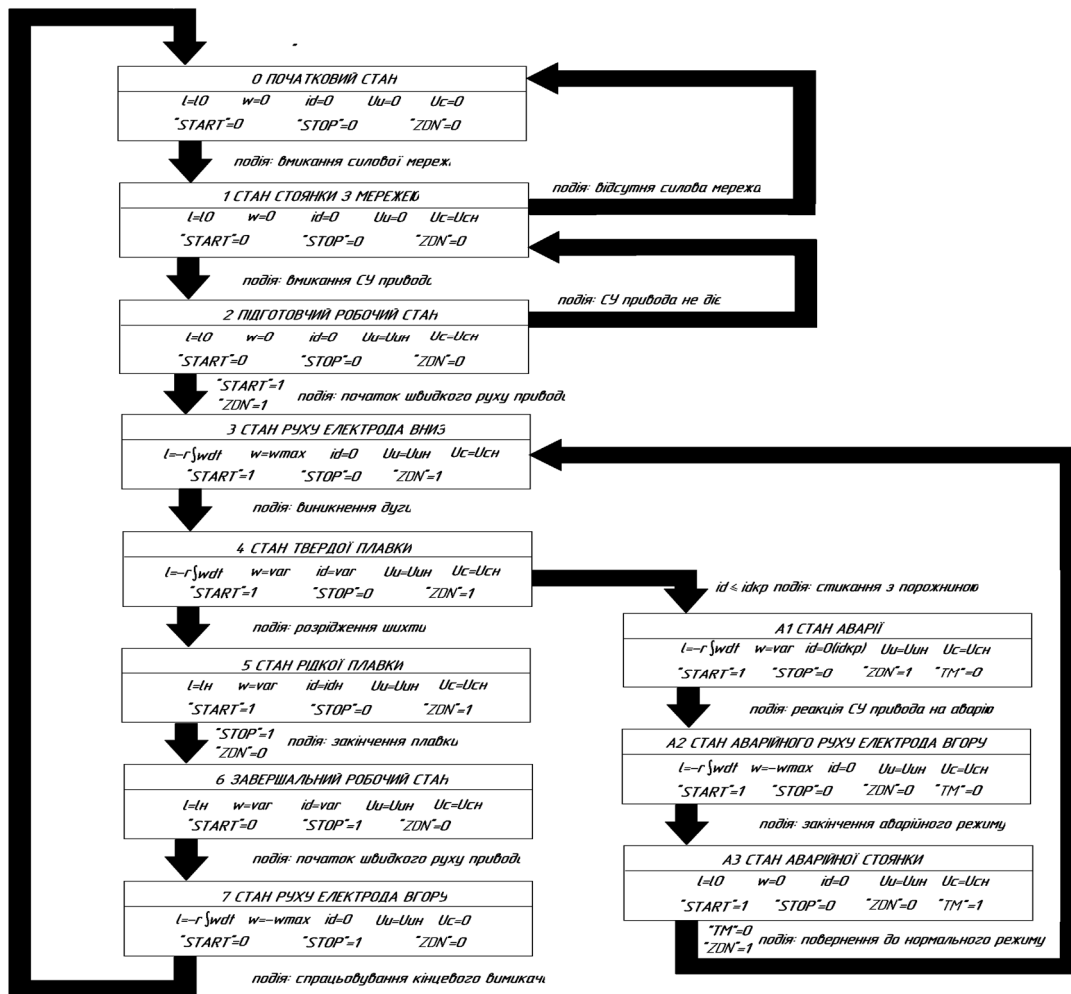


Рис. 1. Граф-схема алгоритму дії СУ приводу переміщення електродів ДСП

Наступним станом системи є підготовчий робочий стан (стан 2): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; електрод піднятий на максимальну висоту l_0 ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w нульова (двигун зупинено); струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна; при сигналі про аварійне вимикання СУ ППЕ виконується повернення до стану 1. Всі управляючі команди відсутні. Перехід до наступного стану відбувається, коли подається команда «START», «ZDN».

Наступним станом системи є стан руху електрода вниз (стан 3): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зменшується; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w максимальна; струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_{cn} номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли виникає дуга.

Наступним станом системи є стан твердої плавки (стан 4): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l та кутова швидкість вала двигуна ППЕ w змінюються в залежності від дії СУ ППЕ, яка змінює напругу живлення якоря з метою встановлення та підтримання номінального значення струму дуги i_{dn} ; напруга силового джерела U_{cn} номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли шихта переходить у рідкий стан.

Наступним станом системи є стан рідкої плавки (стан 5): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода незначно коливається відносно номінального значення l_n , при якому забезпечується номінальне значення струму дуги i_{dn} ; кутова швидкість вала двигуна ППЕ w незначно змінюється залежно від дії СУ ППЕ, яка

змінює напругу живлення якоря в невеликих границях; напруга силового джерела номінальна $U_{сн}$. Усі управляючі команди, крім команди «STOP», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли досягаються необхідні технологічні параметри та, подається команда «STOP» та знімається команда «ZDN».

Наступним станом системи є завершальний робочий стан (стан 6): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода наближена до номінального значення l_n ; значення струму дуги i_d поступово знижується; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω змінюється відповідно до зміни напруги живлення якоря; напруга силового джерела має номінальне значення $U_{сн}$. Всі управляючі команди, крім команди «STOP», зняті. Перехід до наступного стану відбувається, коли обривається дуга.

Наступним станом системи є стан руху електрода вгору (стан 7): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зростає; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω максимальна; струм дуги i_d нульовий (дуга відсутня); напруга силового джерела U_c нульова (сила мережа вимкнута). Всі управляючі команди, крім команди «STOP», зняті. Перехід до початкового стану системи (стан 0) відбувається, коли спрацьовує кінцевий вимикач; при цьому всі управляючі команди «скидаються».

Від стану 4 можливим є перехід до стану аварії. Такий перехід відбувається, якщо відбувається зіткнення електрода з достатньо великою порожниною і раптовим зменшенням струму дуги до значення меншого за критичне i_{dkp} . У такому разі наступним станом системи є стан А1: напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l та кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω змінюються в залежності від дії СУ ППЕ, яка змінює напругу живлення якоря з метою відновлення номінального значення струму дуги i_{dn} ; напруга силового джерела $U_{сн}$ номінальна. Всі управляючі команди, крім команд «STOP» та «ТМ», мають активний рівень. Перехід до наступного стану відбувається, коли знімається команда «ZDN».

Наступним станом системи є стан аварійного руху електрода вгору (стан А2): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; висота підняття електрода l зростає; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω максимальна; напруга силового джерела $U_{сн}$. Всі управляючі команди, крім команди «START», зняті. Перехід до наступного стану відбувається, коли електрод відводиться у безпечне положення та поданні команди «ТМ».

Наступним станом системи є стан аварійної стоянки (стан А3): напруга живлення СУ ППЕ U_u номінальна; електрод піднятий у безпечне положення; кутова швидкість вала двигуна ППЕ ω нульова; струм дуги i_d нульовий; напруга силового джерела $U_{сн}$ номінальна. Всі управляючі команди, крім команди «ТМ», зняті. Після закінчення дії таймера (скидання команди «ТМ») та подання команди «ZDN» система переходить у стан 3, тобто повертається до нормального режиму.

Таким чином, СУ ППЕ може знаходитись в одній із трьох конфігурацій (позначимо їх як СУ1, СУ2 та СУ3). Конфігурація СУ1 відповідає ситуації, в якій СУ ППЕ працює за відсутності дуги ($i_d=0$), знятих командах «START», «ZDN» та наявності напруги живлення СУ ППЕ U_u . Конфігурація СУ2 має місце, якщо кутова швидкість вала двигуна ППЕ ненульова, команда «START» має активний рівень, команду «STOP» знято, а напруга силового джерела $U_{сн}$ та напруга живлення СУ ППЕ $U_{ин}$ мають номінальні рівні. Нарешті, конфігурація СУ3 має місце за таких умов: струм дуги ненульовий, команди «START» та «ZDN» знято, команду «STOP» має активний рівень, кутова швидкість вала двигуна ППЕ ненульова, напруга силового джерела $U_{сн}$ та напруга живлення СУ ППЕ $U_{ин}$ мають номінальні рівні. Очевидно, що розрізнити ці конфігурації СУ можливо на основі лише двох ознак: стану команди «START» та наявності струму дуги i_d . Алгоритм, за яким виборча ланка (арбітр) змушує СУ ППЕ переходити до однієї з описаних конфігурацій показано на рис. 2.

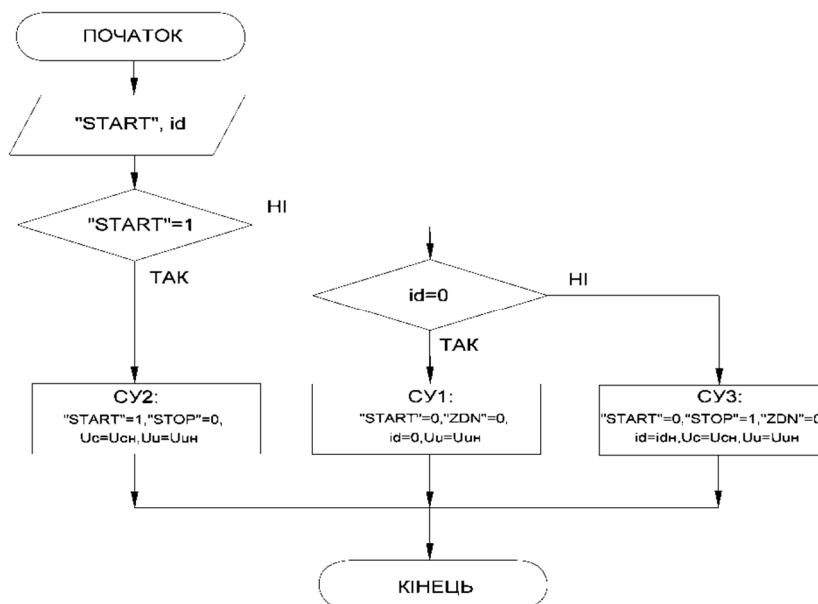


Рис. 2. Блок-схема алгоритму дії арбітра СУ привода переміщення електродів ДСП

Введення системи в дію (конфігурація СУ1) можливе за допомогою ПІ-регулятора. З огляду на необхідність реагування на швидкі та значні коливання струму дуги у процесі плавлення, конфігурацію СУ2 має забезпечувати ПІД-регулятор. Для реалізації конфігурації СУ3 достатнім є П-регулятор. Структуру СУ ППЕ, що розрізняє та завдає описані конфігурації СУ, показано на рис. 3.

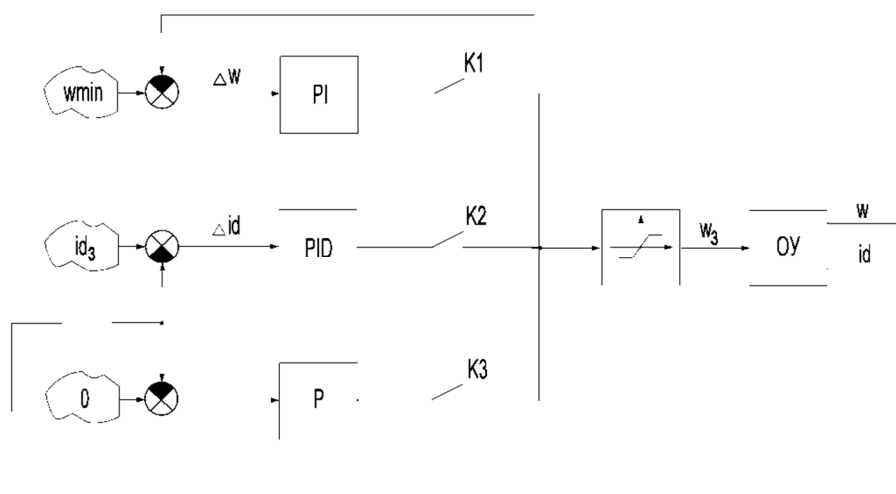


Рис. 3. Структура СУ привода переміщення електродів ДСП

Висновки. Проаналізовано умови протікання плавильного процесу ДСП. Визначені показники стану цієї системи. Запропоновано структуру СУ ППЕ ДСП та сформульовані вимоги до її дії. Складено граф-схему алгоритму дії СУ ППЕ. Описані можливі стани системи та переходи між ними. Визначені можливі умови переходу системи до аварійного стану та способи повернення її до нормального режиму роботи. Робота автоматичного регулятора, що діє за складеним алгоритмом, забезпечує економію електроенергії та матеріалу електродів при протіканні плавильного процесу в ДСП.

Список використаних джерел

1. Сидоренко М. Ф. Автоматизация и механизация электросталеплавильного и ферросплавного производств / М. Ф. Сидоренко, А. И. Косырев. – М. : Металлургия, 1975. – 272 с.
2. Елизаров В. А. Проблема создания системы автоматического управления дуговой печью малой ёмкости / В. А. Елизаров, К. А. Елизаров // III Международная конференция «Актуаль-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ные проблемы энергосберегающих электротехнологий» АПЭЭТ-2014 : сборник научных трудов. – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – С. 54–58.

3. *Анализ различных вариантов построения систем автоматического управления перемещением электродов дуговых сталеплавильных печей и установок ковш-печь / А. А. Николаев, Г. П. Корнилов, П. Г. Тулупов, Е. В. Повелица // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2015. – № 2. – С. 90–100.*

4. *Доманов А. В. Выбор элементов и анализ АСУ дуговой плавильной установки / А. В. Доманов, В. И. Доманов, К. Е. Карпучин // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2011. – № 5. – С. 37–42.*

5. *Лозинський А. О. Дослідження системи переміщення електродів дугової сталеплавильної печі з нечітким регулятором / А. О. Лозинський, Я. С. Паранчук, Л. І. Демків // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 2. – С. 73–77.*

6. *Паранчук Я. С. Моделювання та дослідження режимів трифазної системи регулювання потужності дуг дугової сталеплавильної печі на основі нейрорегулятора у миттєвих координатах / Я. С. Паранчук, А. Б. Мацигін // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2014. – № 15(91). – С. 190–193.*

References

1. Sidorenko, M.F. (1975). *Avtomatizatsia i mekhanizatsia elektrostaleplavilnogo i ferrosplavnogo proizvodstv [Automation and mechanization electric furnace and ferroalloy industries]*. Moscow: Metallurgia (in Russian).

2. Yelizarov, V.A., Yelizarov K.A. (2014). Problema sozdania sistemy avtomaticheskogo upravlenia dugovoi pechiu maloi yemkosti [The problem of creation of automatic control system of arc furnace of small capacity]. Proceedings from III Mezhdunarodnaia konferentsia «Aktualnye problemy energosberegayushchikh elektrotekhnologii» APEET-2014 – III International Conference "Actual problems of energy-saving electrotechnologies" APEET-2014. Ekaterinburg: UrFU, pp. 37–43 (in Russian).

3. Nikolaev, A.A., Kornilov, G.P., Tulupov, P.G., Povelitsa, E.V. (2015). Analiz razlichnykh variantov sistemy avtomaticheskogo upravlenia peremeshcheniem elektrodov dugovykh staleplavilnykh pechei i ustanovok kovsh-pech [Study of different methods to design automated electrode position control systems for electric arc furnaces and ladle furnaces]. *Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. G.I. Noscova – Vestnik of Noscov Magnitogorsk State Technical University*, no. 2, pp. 90–100 (in Russian).

4. Domanov, A.V., Domanov, V.I., Karpukhin, K.E. (2011). Vyborelementov i analiz ASU dugovoi plavilnoi ustanovki [Selecting elements and analysis of the arc melting facility ACS]. *Promyshlennye ASU i kontrolyery – Industrial control systems and controllers*, no. 5, pp. 37–42 (in Russian).

5. Lozynskiy, A.O., Paranchuk, Ia.S., Demkiv, L.I. (2014). Doslidzhennia sistemy peremeshchenia elektrodov duhovoi staleplavilnoi pechi z nechitkym rehuliatorom [Investigation of the electrodes movement system of arc furnace fuzzy controller]. *Tekhnichna elektrodynamika – Technical electrodynamics*, no. 2, pp. 73–77 (in Ukrainian).

6. Paranchuk, Ia.S., Matsygin, A.B. (2014). Modeluvannia ta doslidzhennia sistemy rehuluvannia potuzhnosti duh duhovoi staleplavilnoi pechi na osnovi neirorehuliatora u myttevykh koordynatakh [Modeling and research of a three-phase electric arc furnace arc power regulation system with neuro-controller in the instantaneous coordinates]. *Elektrotekhnichni ta komputerni sistemi – Electrotechnic and computer systems*, no. 15 (91), pp. 190–193 (in Ukrainian).

UDC 621.365.2:681.5

Roman Khrestin

COMPOSITING THE ACTION ALGORITHM OF ACTUATOR CONTROL SYSTEM FOR MOVING ELECTRODES OF AN ARC FURNACE

Urgency of the research. In view of the complications of the technological processes of electro-thermal equipment, the level of requirements for this equipment is constantly increasing, more and more comprehensive and precise analysis of its modes of operation and modernization of the systems of automatic control of this equipment becomes increasingly necessary.

Target setting. The aim of this paper is to construct action algorithm an control system of drive moving electrodes of electric arc furnace (EAF). The algorithm should be relatively simple and, at the same time, take into account all the basic requirements for EAF action.

Actual scientific researches and issues analysis. In recent years, the study of the established problem has been carried out in a number of scientific works, in which various approaches to the construction of drives for the movement of electrodes, their automatic regulators and algorithms for the operation of such regulators were proposed.

Uninvestigated parts of general matters defining. The disadvantage of existing control algorithms is that they do not allow to reduce the cost of the material of the electrodes, the amount and time of emergency interruptions of the arc furnace. The mentioned interruptions are due to the heterogeneity of the composition of the charge and its associated peculiarities of the melting process. There are cavities between the massive pieces of the charge. When the electrode enters such a cavity, the arc is sharply lengthened, the electrode is lowered into the cavity at an elevated velocity. In this case, the obstruction of massive pieces of charge surrounding the cavity, on the electrode becomes possible. In this case, there is a cracking or even a breakdown of the electrode. The contact of the electrode with such pieces of the charge leads to an emergency short circuit and interruption of the melt.

The research objective. The main requirements are: provision of primary arc ignition; automatic lifting of the electrode when approaching an emergency situation (emergency situation is considered fall batch on the electrode); automatic return to the normal operating mode at the end of an emergency mode.

The statement of basic materials. The algorithm takes into account of possible working and emergency of the system states. Described conditions of the transition between states. As an the working states allocated: the initial state of the system (state 0), state stop with network (state1), state of preparatory work (state2), state of movement of the electrode down (state3), state of melting the solid (state4), state of melting the liquid (state5), closing operating state (state6), state of movement of the electrode up (state7). To emergency states include: emergency state (state A1), state of emergency movement of the electrode up (stateA2), state of emergency stop (stateA3). Each of the state is characterized by of state variables (identifiers of the system): l - electrode lifting height; θ - angle of rotation of the motor shaft; w - angular velocity of the engine; i_d - current arc; U_z - voltage armature; U_c - supply voltage arc. Each state of the system corresponds to the presence of of governors commands: «POV» - permit for deviations from the minimum angle of rotation of the motor shaft; «OBR» - permit for interrupt the arc; «START» - permit for drive move; «ZDN» - permission to install the nominal value a working current arc; «TM» - permit for timer action.

Conclusions. Job of the automatic regulator, which acts by folded algorithm provides energy savings and savings the electrode material, during the flow of the melting process in the EAF. References 6.

Key words: control algorithm; parameters smelting; the drive moving electrode; electric arc furnace.

Fig.: 3. Bibl.: 6.

УДК 621.365.2:681.5

Роман Хрестин

СОСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМА ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОМ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ

В работе сформулированы требования к системе управления приводом перемещения электродов дуговой сталеплавильной печи. На основе данных требований к системе управления составлен алгоритм ее действия в рабочих и аварийных режимах плавки.

Ключевые слова: алгоритм управления; параметры плавки; привод перемещения электрода; дуговая сталеплавильная печь.

Рис.: 3. Библ. 6.

Хрестин Роман Миколайович – викладач, Нікопольський технікум Національної металургійної академії України (просп. Трубників, 18, м. Нікополь, 53210, Україна).

Хрестин Роман Николаевич – преподаватель, Никопольский техникум Национальной металлургической академии Украины (просп. Трубников, 18, г. Никополь, 53210, Украина).

Khrestin Roman – lecturer, Nikopol College of National Metallurgical Academy of Ukraine (18 Trubnikov Av., 53210 Nikopol, Ukraine).

E-mail: srebro0@yandex.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0814-6226>