

Література

1. Вітроенергетика та енергетична стратегія / Онішко О. Ф., Коробко Б.П., Миханюк В.М. - Київ:Фенікс, 2008.
2. Ветроэнергетика / Под ред. Д. де Рензо: Пер. с англ. // Под ред. Шефтера-М.: Энергоатомиздат, 1982. -272 с.
3. Твайделл Дж, Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. С англ. - М.: Энергоиздат, 1990. - 392 с.
4. Ляхтер В.М., Милитев А.Н., Милитев В.Н. Аэродинамические нагрузки на элементы ветроагрегатов с вертикальной осью вращения / Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1986, №6, - С. 138-146
5. Ляхтер В.М., Шполянский Ю.Б. Аэродинамика ортогональных ветроагрегатов // Сборник научных трудов Гидропроекта, выпуск 129, Ветроэнергетические станции. – М.: 1988, - С. 113-127
6. Рожкова Л.Г. Нові форми профілів лопатей вертикально-осьових вітроустановок середньої швидкохідності. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, СумДУ Суми, 2004. - 21с.

Abstract

Nowadays much attention is paid to the utilization of alternative and renewal sources of energy. Their share in the world energy – balance has already reached the imposing size and the further development of this direction is foreseen. In this connection the increase of the effectiveness of installations, which utilize the renewal sources of energy, has the priority.

The employment of the wind-installations, the intensifiers of the wind flow, that can increase the effectiveness, the principles of their operation, constructions, are examined in this article. It should be noted that the intensifiers of the wind flow, used for the wind –installations with vertical axes, has not been investigated and elaborated enough.

Keywords: *wind generator, hub flow, vertical axis wind installation*

Проведено дослідження взаємодії електромагнітного поля, створеного індуктором, та електродугового процесу перетворення електричної енергії в теплову в індукційно-дугових сталеплавильних комплексах, виявлені позитивні фактори, які впливають на покращення техніко-економічних показників роботи електросталеплавильних печей

Ключові слова: *сталеплавильний комплекс, електромагнітне поле, індуктор*

Проведено исследование взаимодействия электромагнитного поля, созданного индуктором, и электродугового процесса преобразования электрической энергии в тепловую в индукционно-дуговых сталеплавильных комплексах, выявлены положительные факторы, влияющие на улучшение технико-экономических характеристик работы электросталеплавильных печей

Ключевые слова: *сталеплавильный комплекс, электромагнитное поле, индуктор*

УДК 62-9

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ІНДУКТОРА НА ЕЛЕКТРОДУГОВИЙ ПРОЦЕС

Ю.Е. Пачколін

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра “ Електричні машини”Запорізький національний технічний університет
вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, Україна, 69063
Контактний тел.: (061) 233-00-34**Вступ**

Необхідність підвищення конкурентоспроможності існуючого сталеплавильного виробництва вимагає суттєвого зменшення використання не тільки енергоносіїв, але й інших складових металургійних процесів, у тому числі графітованих електродів та матеріалу футерування печей, вартість яких постійно зростає. Одним з найсуттєвіших факторів, що впливають на довговічність служби футерування печей та

знос електродів, є покращення процесу горіння дуги за рахунок впливу електромагнітного поля індуктора.

Постановка завдань дослідження та визначення умов для їх реалізації

Вирішення цієї задачі пов'язано з питанням покращення техніко-економічних показників перетворення електричної енергії в теплову за допомогою електро-

дугових процесів шляхом оптимізації форми дуги, що виникає між електродами та металом під впливом дії електромагнітного поля індуктора.

Основна частина

Запропоновані індуктори, які призначені для попереднього нагрівання металу в індукційно-дугових сталеплавильних комплексах, створюють електромагнітне поле, яке спроможне, по-перше, перемішувати розплав металу, що покращує розчинення легуючих домішок і забезпечує необхідну моноструктуру металу для забезпечення необхідної якості, по-друге, позитивно впливати на електричну дугу з метою максимальної оптимізації процесу перетворення електричної енергії в теплову.

На сучасному етапі розвитку електрометалургії технології плавлення металу базуються на енергіях низькотемпературних плазменних процесів електричних дуг. Для поліпшення параметрів дуги на практиці широко застосовуються явище впливу електромагнітного поля на формування електричної дуги.

Проведені дослідження параметрів електричної дуги дугової сталеплавильної печі в електромагнітному полі, яке створюється індуктором, з метою стабілізації її руху показали що, атмосфера міжелектродного проміжку містить значний пиловий склад. При іонізації пилових часток й іонів повітря відбувається вплив на них потенціалу електричного поля й теплового розряду, при цьому обидва механізми діють одночасно й заряджання в результаті іонного бомбардування є основною для часток пилу розміром більше 1 мкм, а теплове – часток менше 1 мкм, при цьому заряджання здійснюється також у результаті притягання іонів до поляризованої частки. При граничному значенні заряду частка має максимальний потенціал руху і його величина визначається як $q_{np} = ne = 0,19 \cdot 10^{-19} r^2 E$ (n – число часток, e – величина елементарного заряду, рівна $1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл), при цьому величина діелектричної сталої проникності ϵ_p атмосфери дорівнює 2,5 (для феросплавних газів і газів ДСП, кварцу й сірки – 4, доломіту й вапна – 5 – 8, окислів металів – 12 – 8, металів – ∞). Граничний заряд часток менше 1 мкм визначається, в основному, тепловим рухом іонів і приблизно дорівнює $q_{np} = ne = 2 \cdot 10^8 r e$ ($e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ Кл). На підставі сталої Авогардо ($N_a = 2,602 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹), універсальної газової сталої ($R = 8,31$ Дж/моль·К), числа Лошмидта ($N_L = 2,687 \cdot 10^{25}$ м⁻³), одиниці величини приведенного електричного поля (одного «Таунсенда», рівного 10^{-17} В · см²); густини газів розрядної атмосфери, рівної $\beta = [B \pm P_m (273^\circ + 20^\circ)] / [1,103 \cdot 10^5 (273^\circ + t^\circ)] (B = H/m^2; P_m = H/m)$; величини напруженості електричного поля, яке наводиться у газовому розряді за формулою Піка, рівної $E = 3,04 (\beta + 0,0311 \cdot \beta / r \cdot 10^6)$, В/м. (r – радіус електрода, рівний $0,5 \Phi_e = 550$ мм стосовно до умов печі ДСВ-50). Нижче наведені параметри плазменного потоку, що перебуває в електричному полі, створюваного електромагнітною системою ДСП:

Діаметр електрода, мм	Діелектрична стала Φ/m		Число зарядів, одержуваних часткою		
			Під дією електронно-іонного бомбардування при $E \cdot 10, V/m$		Під дією теплової дифузії
	ϵ	D	15	30	
250	1 4	1	4	30	28 – 46
		2	8	16	
		3	13	26	
400	1 4	1	105	205	200 – 215
		2	210	420	
		3	315	630	
550-610	1 4	1	10500	21000	2100 – 2250
		2	21000	42000	
		3	31400	63000	

Час заряджання, необхідний для розрахунку сталої часу дуги, який обчислюється за величинами C_0 ($3 \cdot 10^8$ м/с), Z_0 (120π Ом), сталої Планка ($6,627 \cdot 10^{-34}$ Дж/Гц), числа Лоренца ($2,443 \cdot 10^{-8}$ В²/К²), атомної одиниці енергії (27,2 еВ); довжині розрядного проміжку дорівнює:

Параметр	Час заряджання при іонному бомбардуванні, с			
	10	10	10	10
Величина заряду, % від граничного	43,8	61,0	94,5	99,75

Сила взаємодії поля напруженістю H і часткою зарядом q_{np} для часток більше 1 мкм становить $F = q_{np} E = neE = 1,87 \cdot 10^{-19} r^2 E^2$ при $\epsilon = 2,5$ (для часток менше 1 мкм $F = 2 \cdot 10^8 r e E$) протидіє опір газового середовища (за законом Стокса): $F_{np} = 6 \pi \cdot V_d r \nu \rho \approx 0,173 d^3 V_d \rho$ (V_d – швидкість руху частки в напрямку, перпендикулярному до бічної поверхні електрода), звідки величина $V_d = neE / 6 \pi r \nu \rho$ (м/с) (або ця величина для частки більше 1 мкм становить $1,87 \cdot 10^{-10} r^2 E^2 / 6 \pi r \nu \rho$, а менше 1 мкм – $10^{-11} E^2 r / \nu \rho$; ν – кінематична в'язкість повітря, рівна $177,1 \cdot 10^{-6}$ м²/с при $1000^\circ C$ и 760 мм.рт.ст.; ρ – густина газу, рівна при $0^\circ C$ й атмосферному тиску величині $0,00125$ г/см³ для часток менше 1 мкм – $0,17 \cdot 10^{-11} E / \nu \rho$). Рівняння рівноваги між процесами іонізації й рекомбінації та дифузії часток за межі іонізованої зони газу визначаються співвідношенням Саха: $x^2(1 - x^2) = 2,4 \cdot 10^{-4} \exp(-11600 U_i/T)$, де x – ступінь іонізації, T – температура (Кельвін); U_i – робота іонізації (Дж). Коефіцієнт дифузії $D = 0,33 \lambda V$ (λ – довжина пробігу, м; V – середня швидкість часток, м/с). У прикатодних областях потужність, що виділяється на аноді, дорівнює $Q = I_d (U_a + \phi)$ (I_d – струм дуги, А; U_a – анодне падіння потенціалу, В; ϕ – робота виходу графіту $4,34$ еВ).

Густина струму $J_k = (5 - 3,5) \cdot 10^3$ А/см². Потужність об'ємного заряду плазми $P_v = 0,48 \cdot (0,66 \pi r^2)^{T^2/\sigma}$ (r – радіус плями $\approx 1,77 d_e$, м; σ – провідність графіту $(40 - 70) \cdot 10^{-6}$ Ом · м; d_e – діаметр електрода 500 мм для печі ДСВ-50). Провідність стовпу плазми

$\delta_{пл} = 0,81n_e l_0^2 / 3\kappa T m_e \Sigma n_s Q_{es}$ (κ – стала Больцмана $1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; m_e – маса електрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг; Q_{es} – переріз зіткнення електрона із частками компонента S; n_s – кількість часток компонента S. Рівняння балансу енергії для одиниці об'єму плазменного стовпа $JE = \text{div } \lambda \text{ grad } T + \rho C_v \text{ grad } T + S(T) + \dots + \rho C_v \text{ grad } T + S(T) + \dots + (\lambda - \text{коefficient теплопровідності}; \rho - \text{густина потоку}; C_v - \text{теплоємність середовища при постійному тиску. При впливі на плазменний стовп поперечного магнітного поля виникає сила Лоренца, яка закручує плазменний стовп і має наступне значення } F_{\partial} = e_0 [E + C_0^{-1} (V \cdot H) (C_0 = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}; e_0 - \text{заряд електрона}; E, H - \text{напруженості електричного й магнітного поля}).$

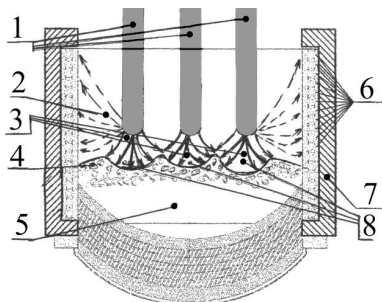


Рис. 1. Формоутворення дуги та розсіювання теплових потоків без впливу електромагнітного поля індуктора: 1 – електроди; 2 – теплові потоки; 3 – дуга; 4 – шлак; 5 – розплав металу; 6 – індуктор; 7 – осердя; 8 – колодазі

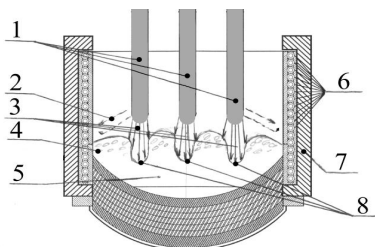


Рис. 2. Формоутворення дуги та розсіювання теплових потоків при впливі електромагнітного поля індуктора: 1 – електроди; 2 – теплові потоки; 3 – дуга; 4 – шлак; 5 – розплав металу; 6 – індуктор; 7 – осердя; 8 – колодазі

Розрахунки параметрів руху проводилися для величини напруги 304 (307) В графітованих і вугільних електродів для директивного розміру плазменного стовпа (70 мм); об'ємна маса – (1,55–1,6) кг/м³; Густина (1,9–2,2) г/см³; межа міцності на розтягання (300–800) Н/см²; межа міцності на стискання (1500–300) Н/см²; коефіцієнт теплопровідності (35–150) Вт/м²·°С при 1000 °С; початок окислювання на повітрі при (430–600)°С; електричний питомий опір (14–70)·10⁻⁶ Ом·м, середня витрата на 100 кВт·год. при роботі у ДСВ-50 (7,0 – 20) кг.

Формоутворення дуги та розсіювання теплових потоків без впливу електромагнітного поля індуктора наведено на рис. 1, при впливі електромагнітного поля індуктора – на рис. 2. Результати моделювання показують, що стабілізована електромагнітним полем дуга може мати густину струму до $6,28 \cdot 10^3$ А/см² і температура до $10 \cdot 10^3$ К, що суттєво впливає на покращення техніко-економічних показників роботи електросталеплавильних комплексів.

Висновок

За результатами виконаної роботи можна зробити висновок, що вплив магнітного поля на електричну дугу залежить від густини струму дуги та величини напруженості магнітного поля, створеного індуктором.

Зі збільшенням магнітного поля середня та миттєва швидкість руху електронів у дузі зростають, при цьому форма стовпа дуги вирівнюється і дуга горить стійкіше, що дозволяє, по-перше, зменшити втрати матеріалу електродів 10 – 15 % на кожен тону виплавленого металу, по-друге, шляхом зменшення розсіювання теплової енергії у порожнину печі збільшити на 1/4 міжремонтні цикли футерування печі у порівнянні з існуючими термінами.

Література

1. Сложные электромагнитные поля и электрические цепи. Межвузовский сборник № 3. – Уфа, 1975. – 193 с.
2. Сталеплавильный комплекс: Пат. № 6644 Україна, МПК 7 C21C5/00. Ю.Е. Пачколин, І.Д. Труфанов, О.С. Левада, Ю.Л. Гура, О.О. Бондаренко, І.А. Андріяс, В.В. Луньов, В.П. Метельський. – № 20041008595; заявл. 21.10.2004; опубл. 16.05.2005, бюл. № 5.
3. Боровой А.А., Финкельштейн Э.Б., Херувимов А.Н. Законы электромагнетизма. – М.: Наука, 1970. – 168 с.
4. Спосіб плавлення металу на сталеплавильних комплексах: Пат. № 23419 Україна, МПК (2006) C21C 5/00. Антонов М.Л., Бондаренко О.О., Пачколин Ю.Е. – № u2006 13769; заявл. 25.12.2006; опубл. 25.05.2007, бюл. № 7.
5. Свенчанский А.Д., Смелянский М.Я. Электрические промышленные печи. Ч. 2. – М.: Энергия, 1970. – 264 с.
6. Теорія електричних та магнітних кіл: Навчальний посібник. – Хмельницький: ТУП, 2003. – 199 с.

Abstract

There are theoretical study and practical experiments of influence of electromagnetic field, generated by the work-coil, on the electroarc process of inductive steel-smelting furnaces. Zones of the electromagnetic field influence on the formation of an electric arc and heat fluxes in the cavity of electric steel-smelting furnace.

There is a comparative analysis of the electric arc formation and the direction of heat fluxes under and without the influence of work-coil electromagnetic field. Thus, without a work-coil electromagnetic field, the wells in the molten metal are not deep; the heat fluxes from the electric arc are dispersed and directed to the top of the inwall that leads to premature wear. Dispersal of the arc on the surface of the metal increases the consumption of electrodes. When switching on the work-coil, its electromagnetic field forms an electric arc, providing deep penetration into the molten metal; wells in the metal become much deeper that improves the heating of the metal, providing high intensification of the melting process. The heat fluxes concentrate on the metal surface, reducing the harmful effects on the inwall .

Keywords: steel-smelting furnace, electromagnetic field, work-coil

Виконано аналіз процесу електроспоживання електротранспорту на наявність ознак неактивної потужності в системі електричної тяги постійного струму. Встановлено, що регулювання в широкому діапазоні тягової потужності електротранспорту постійного струму призводить до спотворення як тягового струму, так і напруги на струмоприймачі, що в результаті завантажує тягову мережу постійного струму неактивною потужністю і збільшує втрати електроенергії в ній

Ключові слова: нерівномірне електроспоживання; електротранспорт постійного струму; неактивна потужність; втрати електроенергії

Выполнен анализ процесса электропотребления электротранспорта на наличие признаков неактивной мощности в системе электрической тяги постоянного тока. Установлено, что регулирование в широком диапазоне тяговой мощности электротранспорта постоянного тока приводит к искажению как тягового тока, так и напряжения на токоприемнике, что в результате загружает тяговую сеть постоянного тока неактивной мощностью и увеличивает потери электроэнергии в ней

Ключевые слова: неравномерное электропотребление; электротранспорт постоянного тока; неактивная мощность; потери электроэнергии

УДК 629.423.1

ПРИЗНАКИ НАЛИЧИЯ НЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТЯГИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

О. И. Саблин

Кандидат технических наук

Кафедра теоретических основ электротехники
Днепропетровский национальный университет
железнодорожного транспорта
им. ак. В. Лазаряна
ул. Академика Лазаряна, 2,
г. Днепропетровск, Украина, 49010
Контактный тел.: (056) 373-15-37
E-mail: olegsss@i.ua

Электропотребление в системе электротранспорта обладает существенной как длительной, так и кратковременной неравномерностью, вызванной процессом регулирования в широком диапазоне тяговой мощности электроподвижного состава (ЭПС), что необходимо для реализации требуемого режима движения. Неравномерное электропотребление на тягу, имеющее вероятностный резкопеременный характер, приводит к увеличению потерь электроэнергии в элементах системы электрической тяги.

Один из путей решения данной проблемы основывается на анализе составляющих полной мощности системы электротяги и, прежде всего, оценке и снижении неактивной мощности, под которой в общем случае понимают совокупность реактивной (обменной) мощности и мощности искажения. Необходимо отметить,

что для электрических цепей с несинусоидальными режимами и нелинейностями существующее множество методов определения неактивной мощности часто дает весьма противоречивые результаты [1], поэтому выбор того или иного метода производят исходя из условий конкретной задачи. Основные признаки наличия неактивной мощности в электрических цепях устанавливаются рядом существующих методов ее расчета и компенсации [1-5], наиболее универсальными из которых являются: метод мгновенных мощностей, классический и интегральный методы, поскольку они базируются на схожей физической основе и дают близкие результаты. Рассмотрим наличие этих признаков применительно к системе электрической тяги постоянного тока.