

УДК 621.365.6, 621.314.263

СИСТЕМА ЖИВЛЕННЯ ІНДУКЦІЙНО-ДУГОВОГО СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ**М. Л. Антонов, Ю. Е. Пачколін, О. О. Бондаренко**

Запорізький національний технічний університет

вул. Жуковського, 64, м. Запоріжжя, 69063, Україна. E-mail: nickanto@mail.ru

Описано запропоновані системи живлення індукційно-дугового сталеплавильного комплексу на основі автономних інверторів напруги та широтно-імпульсних перетворювачів з використанням силових напівпровідникових модулів. Розроблено методи керування перетворювачами частоти на різних етапах плавлення металу. Запропоновано способи ідентифікації та керування електричними дугами при обриві однієї з них.

Ключові слова: сталеплавильний комплекс, індукційно-дугове перетворення енергії.

СИСТЕМА ПИТАННЯ ІНДУКЦИОННО-ДУГОВОГО СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**Н. Л. Антонов, Ю. Э. Пачколин, А. А. Бондаренко**

Запорожский национальный технический университет

ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, 69063, Украина. E-mail: nickanto@mail.ru

Описаны предлагаемые системы питания индукционно-дугового сталеплавильного комплекса на основе автономных инверторов напряжения и широтно-импульсных преобразователей с использованием силовых полупроводниковых модулей. Разработаны методы управления преобразователями частоты на различных этапах плавки металла. Предложены способы идентификации и управления электрическими дугами при обрыве одной из них.

Ключевые слова: сталеплавильный комплекс, индукционно-дуговое преобразование энергии.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Існуюче електросталеплавильне виробництво є надзвичайно енергоємним та недостатньо ефективним. Такий стан справ не відповідає сучасним вимогам до енергозбереження. У зв'язку з цим в останні роки приділяється велика увага вирішенню питань, які пов'язані з удосконаленням електросталеплавильного устаткування з метою покращення техніко-економічних показників роботи.

Для вирішення даної проблеми запропоновано використовувати індукційно-дуговий сталеплавильний комплекс [2], який використовується на АТ «Мотор Січ» для плавлення високоякісних металів та сплавів. Ємність зазначеного комплексу не перевищує п'яти тонн. При цьому електричне устаткування сталеплавильного комплексу складається з двох окремих частин: індукційної та дугової. Ці частини не пов'язані між собою, а їх сумісною роботою керує оператор. Все це вказує на необхідність створення нової системи живлення індукційно-дуговим сталеплавильного комплексу.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. В останні роки активно розвивається силова напівпровідникова техніка, що дозволяє виконувати комутацію в електричних мережах з напругою у декілька тисяч вольт та декілька тисяч ампер. Публікації з удосконалення систем живлення окремо дугових [3] та індукційних печей [1] постійно з'являються в літературі. Все це дало змогу в основі зазначених напівпровідникових модулів запропонувати силову частину схеми живлення індукційно-дугового сталеплавильного комплексу, яка наведена на рис. 1, де прийнято наступні позначення: ТС – силовий трансформатор, наданий у вигляді одного триобмоткового або двох двообмоткових трансформаторів; ТВ1 та ТВ2 – тиристорні випрямлячі систем живлення електричних дуг та секцій індуктора відповідно; Ф1 та Ф2 – фільтри ланок постійного струму, що містять паралельно включені конденсатори та послідовно включені реактори для обмеження струму зарядки зазначених конденсаторів; АІН

– автономний інвертор напруги, виконаний на шести IGBT-транзисторах, шунтованих зворотними діодами, що використовується для живлення електричних дуг; ЕД – трифазна система електричних дуг; ШП1...ШПІN – паралельно з'єднані широтно-імпульсні перетворювачі, виконані на чотирьох IGBT-транзисторах, шунтованих зворотними діодами, що використовуються для живлення секцій індуктора; СІ1...СІN – секції індуктора.

Керування струмом, що протікає через електроди, повинно здійснюватися залежно від поточного стану, в якому знаходяться електроди. Для цього на початку кожного міжкомутаційного періоду необхідно ідентифікувати роботу всіх трьох електричних дуг. Систему електричних дуг не можна вважати симетричною, тому що опір, як і довжина, під час «горіння» дуги постійно змінюється. Ідентифікація відбувається шляхом порівняння приросту струму в кожній з фаз на двох сусідніх міжкомутаційних інтервалах залежно від стану відкритих та закритих силових напівпровідникових ключів автономного інвертора напруги. Також до уваги беруться миттєві значення струму у фазах. Все це дає можливість судити про стан системи взагалі.

Якщо всі дуги знаходяться в роботі, тобто виділяється теплова енергія, то будемо це вважати нормальним режимом роботи.

Якщо одна з електричних дуг обривається, необхідно застосовувати переключення алгоритму роботи автономного інвертора напруги АІН з трифазного на однофазний. Це відбувається шляхом виключення двох з шести комбінацій силових ключів АІН, в яких дві фази, які залишилися в роботі, комутуються паралельно в одну точку ланки постійного струму, тим самим перервавши струм. При цьому механізм переміщення електродів намагається включити в роботу третю електричну дугу. Цей режим роботи будемо вважати напівварійним режимом роботи.

Якщо під час роботи електричних дуг дві фази вишли з ладу, струм в автономному інверторі напруги

повністю зникає. Відбувається запалювання всіх трьох дуг. Цей режим будемо вважати аварійним або початковим режимом роботи.

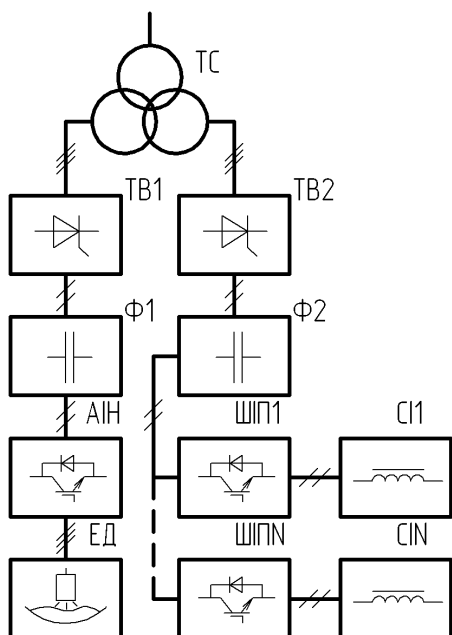


Рисунок 1 – Схема живлення індукційно-дугового сталеплавильного комплексу

Виконаний аналіз свідчить про те, що класичні способи формування струму за допомогою автономного інвертора напруги неможливо застосувати в даному індукційно-дуговому сталеплавильному комплексі без додаткової корекції чи зміни.

На відміну від дугової частини системи автоматичного керування комплексом, в індукторній частині можливо використовувати класичні методи формування струму в секціях індуктора за допомогою широтно-імпульсного перетворювача. Проте для більш якісного впливу на роботу всього комплексу слід виконувати

SYSTEM POWER INDUCTION-ARC STEELMAKING COMPLEX

M. Antonov, Yu. Pachkolin, O. Bondarenko

Zaporizhzhya National Technical University

vul. Zhukovskoho, 60, Zaporizhzhya, 69063, Ukraine. E-mail: nickanto@mail.ru

System power induction-arc steelmaking complex on the basis of voltage source inverters and pulse-width converters using power semiconductor modules are proposed and described in this paper. Methods of control of the frequency converter at various stages of melting metal are developed. Methods of identification and management of electric arcs at the precipice of one of them are proposed.

Key words: steelmaking complex, induction-arc conversation.

REFERENCES

1. Mortymer D. Induction Melting: future technology exist today // *Electrometallurgy*. – 2000. – № 10. – PP. 23–35. [in Russian]

2. Patent of Ukraine 6644, MIZ 7 C 21 C 5/00. *steelmaking complex* / Pachkolin Y.E., Trufanov I.D., Levada O.S. and oth.; stated 21.10.04; publ. 16.05.05; Bull. № 5. [in Ukrainian]

секції індуктора повністю відокремленими одна від одної.

Показані дві силові частини індукційно-дугового сталеплавильного комплексу повністю відповідають сучасним вимогам до електричного устаткування енергоємних виробництв.

ВИСНОВКИ. Надана схема живлення, при відповідній системі автоматичного керування, дозволить більш якісно формувати вихідні координати. При цьому електромагнітна сумісність з мережею живлення значно покращиться, зникнуть ударні струми короткого замикання при запалюванні дуги. З'явиться можливість регулювати амплітуду, частоту та фазу струмів у секціях індуктора, що на різних етапах плавлення металу позитивно вплине на процес руху металу в порожнині печі. Комбіноване використання електромагнітних полів від електричної дуги та секцій індуктора дозволить виконувати досить якісне переміщення домішок, які додаються в розплав металу.

Наразі проводяться роботи з модернізації електричного устаткування індукційно-дугового сталеплавильного комплексу місткістю п'ять тонн в умовах АТ «Мотор Січ».

ЛІТЕРАТУРА

1. Мортимер Д.Х. Индукционная плавка: технологии будущего существуют сегодня // *Электрометаллургия*. – 2000. – № 10. – С. 23–35.

2. Пат. 6644 Україна, МПК7 C 21 C 5/00. Сталеплавильний комплекс / Пачколін Ю.Е., Труфанов І.Д., Левада О.С. та ін.; заявник та патентовласник Запорізький нац. техн. унів. – № 20041008595; заявл. 21.10.04; опубл. 16.05.05; Бюл. № 5.

3. Postiglione G., Ladoux P. A new concept of electrical power supply for AC arc furnace // *SPEEDAM 2006. International symposium on power electronics, electrical drives, automation and motion*. – 2006. – Iss. 18. – PP. 18–27.

3. Postiglione G., Ladoux P. A new concept of electrical power supply for AC arc furnace // *SPEEDAM 2006. International symposium on power electronics, electrical drives, automation and motion*. – 2006. – Iss. 18. – PP. 18–27.

Стаття надійшла 25.07.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Гладириєм А.І.