

УДК 621.316.933

АНАЛІЗ НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ У ШЕСТИЕЛЕКТРОДНІЙ ДУГОВІЙ ЕЛЕКТРОПЕЧІ ІМПУЛЬСНОГО СТРУМУ

В.Гудим^{1,2}, докт.техн.наук, П.Дроздовські², докт.техн.наук, А.Постолюк³,

¹ - Львівський державний університет «Безпеки життєдіяльності», вул. Клепарівська, 35, Львів, 79007, Україна,

² - «Краківська політехніка», вул. Варшавська 24, Краків, 31-155, Польща,

³ - ПВДКТІ «Укрзахіденергопроект», вул. Сахарова 46, Львів, 79012, Україна.

В роботі для електропостачання шестиелектродної дугової сталеплавильної печі пульсуючого струму шляхом математичного моделювання досліджено координати режиму та енергетичні характеристики в найбільш імовірних несиметричних режимах роботи ДСП. Бібл. 2, рис. 1.

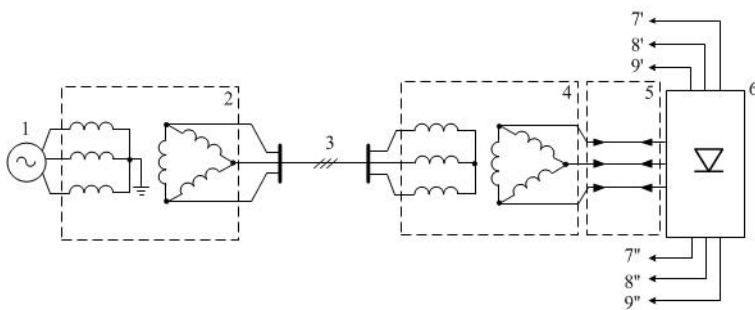
Ключові слова: дугові електропечі, несиметричні режими, енергетичні характеристики.

Електротехнологічні процеси в дугових електропечах змінного струму зумовлюють цілий спектр електромагнітних завад (вищі гармоніки струмів, динамічну несиметрію потужностей і напруг та їхні коливання з частотою від 0,1 до 7 Гц, які, проникаючи в системи електропостачання негативно впливають на паралельно працюючі електроприймачі, зокрема асинхронні машини). Особливо великий вплив мають потужні електропечі змінного трифазного струму, що вимагає застосування допоміжних пристроїв для забезпечення електромагнітної сумісності таких печей з системами електропостачання. З цього погляду печі постійного струму зумовлюють значно менші негативні впливи на системи електропостачання завдяки стабільності горіння довгих дуг постійного струму. Проте комутації, особливо вимикання пічних агрегатів постійного струму, є вкрай небезпечними, оскільки вони можуть бути вимкнені лише під струмом навантаження, що викликає багатократні перенапруги між контактами вимикачів та на силовому електрообладнанні ДСП. На відміну від печей постійного струму в печі імпульсного струму, яка запропонована авторами, ці недоліки цілковито усунено, а її технологічні характеристики є кращими, ніж у печах постійного струму, завдяки рівномірному нагріванню шихти шістьма дугами, які замикаються над поверхнею шихти.

На основі експертних оцінок режимів та процесів шестиелектродної імпульсної печі, отриманих на підставі обробки результатів математичного моделювання, в таких печах можливі короткі замикання дуг на шихту, їхні обриви на стадіях розтоплення шихти. Проте на даний час відсутня інформація про види впливу таких режимів на системи електропостачання. У зв'язку з цим у роботі поставлено задачу дослідити види та рівень завад, які виникають в системі електропостачання внаслідок граничних режимів дуг в даній печі. Дослідження в даному випадку виконано методами математичного моделювання з використанням адекватної математичної моделі [1] і дозволили отримати інформацію про кількісний характер показників якості електричної енергії в системах електропостачання, що дозволить розробити стратегію для забезпечення електромагнітної сумісності таких печей з системою електропостачання. Крім того, необхідно врахувати оцінку величини струмів, які під час закорочення дуг печі можуть становити небезпеку для її електрообладнання.

Вибір досліджуваних режимів зроблено на основі планування експериментів, зокрема, відносно характерних крайніх режимів дуг печі. Крім того здійснено вибіркові математичні експерименти, які підтверджують правомірність прийнятих гіпотез стосовно можливих крайніх режимів дуг печі. В даному випадку не розглядаються стохастичні (випадкові) зміни параметрів дуг ДСП та їхній вплив на показники електромагнітної сумісності, а лише квазіусталені режими у випадках закорочень та обривів дуг. Серед вибраних режимів виконано дослідження: режиму роботи печі під час обриву одного з електродів – 1; закорочення одного з електродів на шихту – 2; одночасного закорочення дуг одного з електродів анодної і катодної груп електродів – 3 та одночасного обриву дуг одного з електродів анодної і катодної груп електродів – 4.

Дослідження вибраних несиметричних режимів виконано для системи електропостачання шестиелектродної ДСП імпульсного струму [2], принципову схему якої показано на рисунку, де живлення ДСП відбувається від джерела трифазної напруги 1 через системний трансформатор 2, лінію електропередачі 3, пічний трансформатор 4, кабельні лінії 5 та групу однофазних некерованих випрямлячів 6, від яких за допомогою проводів короткої мережі підводиться напруга до катодної (7', 8', 9')



та анодної (7'', 8'', 9'') груп електродів. Результати досліджень показали, що несиметричні режими роботи у шестиелектродній печі імпульсного струму призводять до зростання амплітуд струмів дуг в окремих електродах печі у порівнянні з аналогічними струмами за умови симетрії ДСП, зокрема, у режимі 1 – в 1,73 рази; у режимі 2 – в 2 рази; у режимі 3 – в 2,3 рази і у режимі 4 – в 1,5 рази. Крім координат режимів досліджено енергетичні характеристики ДСП, а саме, – значення активної потужності, яка споживається дугами електропечі у несиметричних режимах. Шляхом моделювання отримано середнє значення сумарної активної потужності печі у режимі 1, яке становить 4961 кВт, що в 1,13 рази менше, ніж у симетричному режимі. Найбільше значення активної потужності досягається дугами під

електродами 8' – 1214 кВт та 9'' – 1261 кВт, що в 1,3 та 1,9 рази більше ніж в симетричному режимі. В режимі 2 середнє значення сумарної активної потужності печі в становить 4323 кВт, що відповідно в 1,3 менше, ніж в симетричному режимі. Найбільше значення активної потужності, що споживається дугами під електродами 9', 7'' – 1073 кВт та 8'' – 1098 кВт, що відповідно в 1,5 та 1,3 рази більше, ніж в симетричному режимі. Середнє значення сумарної активної потужності печі в режимі 3 становить 4438 кВт, що в 1,27 менше, ніж в симетричному режимі. Найбільше значення активної потужності печі в даному режимі споживається дугами під електродом 7'', яке становить 1136 кВт, що в 1,2 рази більше, ніж в симетричному режимі. Найменше середнє значення сумарної активної потужності електродугова піч споживає в режимі 4, яке становить 2678 кВт, що відповідно в 2,1 рази менше, ніж в симетричному режимі. Пояснюється це тим, що в даному режимі горять лише чотири дуги, причому напруги дуг у зв'язку із несиметрією змінюються, що й призводить до зміни потужності споживання. Найбільше значення активної потужності – 698 кВт досягається на електроді 8', що відповідно в 1,3 рази та в 1,6 рази менше за аналогічну величину відповідно в режимі 3 та симетричному режимі. Для порівняння впливу даної печі на системи електропостачання з печами змінного трифазного струму виконано дослідження гармонік струмів, які генеруються електропіччю у вказаних режимах. В режимі 1 струми системи електропостачання містять нульову, 2-у, 3-ю, 4-у, 5-у, 7-у та 11-у гармоніки, серед яких переважаючими є нульова, 2-га, 5-та і 7-ма. В режимі 2 найбільші значення мають нульова і 5-та гармоніки, 11-та гармоніка відсутня, але з'являється 6-та. В порівнянні з попереднім режимом величина нульової гармоніки є більшою в 1,3 рази, а 5-ої – в 1,5 рази менша. Гармонійний склад режимів 3 та 4 подібні та суттєво відрізняються від гармонічного складу режимів 1 і 2. В режимі 3 переважаючою є 5-а гармоніка, а в режимі 4 – 3-а та 5-а гармоніки. Суттєвою відмінністю даних режимів від режимів 1 і 2 є відсутність нульової гармоніки.

На основі досліджень вибраних режимів дуг шестиелектродної електропечі доцільно відзначити наступне:

– у всіх режимах у порівнянні з симетричним, залежно від виду несиметрії, амплітуди струмів окремих дуг ДСП змінюються від 1,5 до 2,3 разів внаслідок перерозподілу напруг дуг, що призводить до зміни середніх опорів цих дуг. Збільшення цих струмів слід враховувати під час вибору вентилів випрямлячів, діаметра електродів, струмопроводів короткої мережі та способу їхнього охолодження. Для порівняння, у випадку закорочення дуг електродів печей змінного струму призводить до збільшення струмів у 1,5–2 рази;

– зміна напруг дуг внаслідок їхньої несиметрії призводить до зміни споживання потужності окремими дугами, яка в порівнянні з симетричним режимом може зростати в 1,9 разів. Разом з тим, сумарна середня потужність, яку споживає дугова електропіч у порівнянні з симетричним режимом, зменшується, що не вимагає запасу встановленої потужності пічних трансформаторів;

– у порівнянні з трифазними печами змінного струму гармонійний склад відрізняється тим, що амплітуди вищих гармонік не перевищують 5 % амплітуди основної гармоніки, що є значно меншим, ніж у печах трифазного змінного струму і не вимагає використання потужних фільтрів.

1. Гудим В.І., Постолок А.Я., Юрків Б.М. Аналіз електромагнітних процесів у шестиелектродній дуговій електропечі імпульсного струму // Техн. електродинаміка. – 2010. – №6. – С. 65–70.

2. Патент №27758. Система електропостачання дугової електропечі постійного струму / В.І.Гудим; Р.І.Стасьо; С.В.Кшижак.

УДК 621.316.933

АНАЛІЗ НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ В ШЕСТИЕЛЕКТРОДНОЇ ДУГОВОЇ ЕЛЕКТРОПЕЧІ ІМПУЛЬСНОГО ТОКА
В. Гудим^{1,2}, докт.техн.наук, П. Дроздовски², докт.техн.наук, А.Постолок³,

¹ – «Безопасный государственный университет «Безопасности жизнедеятельности»,

ул. Клепаровская, 35, Львов, 79007, Украина,

² – «Краковская политехника»; ул. Варшавская 24, Краков, 31-155, Польша,

³ – ПВДКТИ «Укрзахіденергопроект»; ул. Сахарова, 46, Львов, 79012, Украина.

В работе для электроснабжения шестиэлектродной дуговой сталеплавильной печи пульсирующего тока путем математического моделирования исследованы координаты режима и энергетические характеристики в наиболее вероятно несимметричных режимах работы ДСП. Библи. 2, рис. 1.

Ключевые слова: дуговые электропечи, несимметричные режимы, энергетические характеристики.

ANALYSIS OF THE ASYMMETRIC MODES IN SIX ELECTRODE ELECTRIC ARC PULSE CURRENT

Gudym V.^{1,2}, Drozdovskyi P.², Postoliuk A.³,

¹ – Lviv State University "Bezpeka zhittediialnosti"; str. Kleparivska, 35, Lviv 79007, Ukraine,

² – Cracow University of Technology; str. Warsaw, 24, Krakov, 31-155, Poland,

³ – DSSRCTI "Ukrwestenergoproekt"; str. Sakharov, 46, Lviv, 79012, Ukraine.

In six of the electrode for electric arc furnace pulsating current pu-order mathematical modeling studied mode coordinates and the energy characteristics of the most likely not symmetric modes of electric arc furnace. References 2, figure 1.

Key words: arc furnaces, single-ended mode, the energy characteristics.

1. Gudym V.I., Postoliuk A.J., Yurkiv B.M. The analysis of electromagnetic processes in shestelektroodniy arc electric current pulse // Tekhnichna elektrodynamika. – 2010. – №6. – Pp. 65–70. (Ukr)

2. Patent №27758. The system of electric power arc DC / V.I.Gudym; R.I.Stasio, S.V.Kshizhak. (Ukr)

Надійшла 10.01.2012

Received 10.01.2012