

ОБМЕЖЕННЯ КИДКІВ СТРУМІВ НАМАГНІЧЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДУГОВОЇ СТАЛЕТОПНОЇ ПЕЧІ ПОФАЗНО КЕРОВАНИМ ПІЧНИМ ВИМИКАЧЕМ

© Гапанович В.Г., Гапанович В.В., Маврін О.І., 2014

Досліджено можливість обмеження кидків струмів намагнічення в системі електропостачання надпотужної сталетопної печі застосуванням пофазно керованого пічного вимикача.

Ключові слова: кидки струму намагнічення, пофазно керований пічний вимикач.

The paper examines possibilities of limitation of magnetization current inrushes in electrical power supply system of high-power steel-smelting electric furnace in way of application of phase-controlled furnace switch.

Key words: magnetization current inrushes, phase-controlled furnace switch.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями

Технологічний процес топлення сталі в надпотужних дугових сталетопних пічках (ДСП) вимагає часті комутації (до 30–40 комутацій за добу) ненавантажених пічних агрегатів. Увімкнення ненавантаженого пічного агрегату супроводжується виникненням повільно згасаючих уніполярних кидків струмів намагнічення (КСН) великої кратності [1]. Електродинамічний вплив КСН на обмотки мережевих трансформаторів викликає їх розхитування з подальшим виходом трансформаторів з ладу. У зв'язку з цим повинні бути розроблені методи обмеження кидків струмів намагнічення в системах електропостачання надпотужних ДСП (СЕП ДСП).

Актуальність та доцільність роботи

Підвищення надійності роботи окремих елементів СЕП ДСП дозволяє зменшити питому вартість топлення сталі і є актуальною задачею. Автори не виявили в періодичній літературі досліджень, пов'язаних з проблемою обмеження КСН в системах електропостачання надпотужних ДСП.

Мета і задачі роботи

Метою роботи є покращення техніко-економічних показників технологічного процесу топлення сталі в дугових сталетопних пічках.

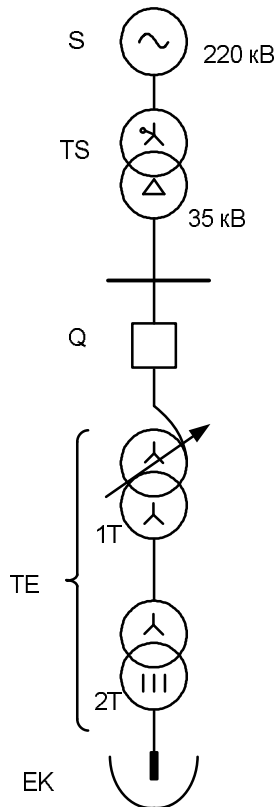
Завданням роботи є:

- виявлення впливу різних чинників на особливості перебігу комутаційних процесів під час увімкнення ненавантажених пічних агрегатів ДСП;
- розробка методів обмеження КСН в системах електропостачання надпотужних ДСП.

Виклад основного матеріалу

На рис. 1 наведена система електропостачання дугової сталетопної печі типу ДСП-100НЗ. Для дослідження комутаційних режимів, під час яких виникають КСН, використовували математичну цифрову модель [2]. Експерименти, проведені на математичній моделі, дали змогу встановити, що величина КСН залежить від розрахункового типу КСН (в трансформаторах з ізолюваною нейтраллю розрахунковим типом КСН може бути: одночасне увімкнення трьох фаз;

одночасне увімкнення двох фаз; увімкнення третьої фази на дві фази, що тривало працюють на неробочому ході; одночасне увімкнення двох фаз з подальшим увімкненням третьої фази через певний проміжок часу), кута увімкнення (фазовий кут між моментом проходження через нуль лінійної напруги вторинних обмоток мережевого трансформатора і моментом замикання контактів вимикача відповідних фаз), величини залишкових магнітних потоків у стрижнях магнітопроводу пічного агрегату і напруги джерела живлення.



*Рис. 1. Система електропостачання дугової сталетопної печі:
S – система; TS – мережевий трансформатор; Q – пічний вимикач; ТЕ – трансформаторний пічний агрегат;
1Т – регульований автотрансформатор;
2Т – пічний трансформатор;
ЕК – дугова сталетопна піч*

Результати досліджень показали, що найбільші значення КСН виникають у випадку одночасного увімкнення фаз А і С пічного агрегату в момент переходу через нуль лінійної напруги АС мережевого трансформатора і увімкненні через 90 ел. град. в момент переходу через нуль напруги фази В пічного агрегату фази В (найгірші умови комутації пічного агрегату) за значення залишкового потоку в стрижнях магнітопроводу пічного агрегату 0,9 від номінального, і напрузі джерела живлення 1,048 від номінальної. Кратність КСН (відношення амплітудного значення кидка струму намагнічення в обмотці трансформатора до амплітудного значення номінального струму обмотки цього ж трансформатора) в обмотках пічного агрегату досягає при цьому 9,91 в.о., а в обмотках мережевого трансформатора – 2,83 в.о. При номінальній напрузі джерела живлення кратність КСН сягає величини 9,31 в.о. для пічного агрегату і 2,64 в.о. для мережевого трансформатора. Найімовірніші максимальні значення КСН, що відповідають залишковому потоку в стрижнях магнітопроводу пічного агрегату, який дорівнює 0,6 від номінального, і напрузі джерела живлення, що дорівнює номінальній, становить 8,35 в.о. для пічного агрегату і 2,29 в.о. для мережевого трансформатора [1].

Аналіз основних чинників, що впливають на величину КСН, дає змогу запропонувати технічно та економічно доцільний спосіб їх обмеження шляхом увімкнення попередньо розмагніченого пічного агрегату поштвовхом на номінальну напругу.

В [1] методом математичного експерименту встановлено, що увімкнення двох фаз пічного агрегату приводить до розмагнічування стрижня його магнітопроводу, на якому перебуває неувімкнена фаза. Ця обставина стала основою ідеї обмеження КСН за допомогою керування кутами увімкнення фаз пічного вимикача за запропонованим алгоритмом [3]. Сутність ідеї полягає в наступному. Увімкнення пічного агрегату здійснюється у два етапи: спочатку вмикаються дві фази агрегату на повну напругу мережі живлення, причому одна з фаз вмикається на попередньо розмагнічений стрижень магнітопроводу. Через 1,5–2 с вмикається третя фаза. Обмеження КСН на першому етапі процесу увімкнення досягається як за рахунок зменшення сумарного магнітного потоку в магнітопроводі пічного агрегату (залишковий потік розмагніченого стрижня близький до нуля), так і за рахунок зменшення, у момент комутації, напруги на фазах, що вмикаються. При цьому максимальне значення напруги, прикладеної до кожної з фаз пічного агрегату, не перевищує половини лінійної напруги. На другому етапі обмеження КСН проходить у результаті того, що третя фаза вмикається на розмагнічений впливом уже увімкнених фаз стрижень магнітопроводу. Попереднє розмагнічування одного зі стрижнів магнітопроводу здійснюється у разі кожного відмикання пічного агрегату від напруги живлення шляхом також поетапного відмикання. Першою від'єднується фаза, стрижень якої підлягає розмагнічуванню. Розмагнічування цього стрижня здійснюється впливом фаз пічного агрегату, що залишилися під напругою, через 1,5–2 с ці фази відмикаються.

Технічна реалізацію запропонованого способу керування пічним вимикачем наведена в [3].

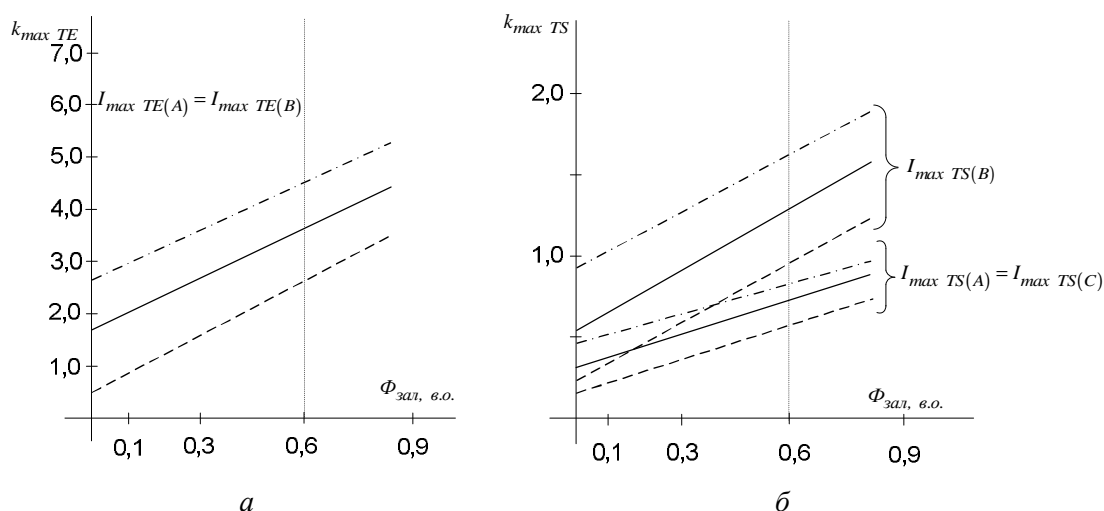


Рис. 2. Залежності кратності КСН від величини залишкового потоку магнітної системи пічного агрегату:

а – в обмотках пічного агрегату; *б* – в обмотках мережевого трансформатора

Дослідження на математичній моделі обмеження КСН за допомогою пофазно керованого пічного вимикача проводили для системи електропостачання ДСП (рис.1) у такий спосіб. Процес відмикання пічного агрегату починався з відмикання фази, розташованої на крайньому стрижні (фаза, що має найбільшу довжину магнітної силової лінії). За таку фазу в розрахунках приймалася фаза А пічного агрегату. Фази В і С пічного агрегату залишалися в роботі і розмагнічували стрижень відімкнутої фази А, залишковий магнітний потік у фазі А знижувався до нульового значення (процес розмагнічення дією увімкнених фаз описаний в [1]). Тому увімкнення пічного агрегату, здійснюване шляхом одночасної комутації фаз А і В у момент проходження через нуль лінійної напруги АВ (найгірші умови комутації), проводилося на заздалегідь розмагнічений стрижень фази А (нульовий залишковий потік). Наступне увімкнення фази С виконувалося на розмагнічений впливом увімкнених фаз А і В стрижень цієї фази. Максимальна величина КСН у цьому випадку не перевищує 2,97 номінального струму пічного агрегату і 0,81 номінального струму мережевого трансформатора, що не є небезпечним для експлуатації мережевого трансформатора.

Дослідження увімкнення фаз А і В проводилося за різних значень залишкових магнітних потоків у стрижнях фаз В і С пічного агрегату, у діапазоні напруги джерела живлення від 0,9 до 1,1 номінального значення. За результатами математичного експерименту побудовані графічні залежності амплітуди КСН від величини залишкового потоку в стрижнях магнітопроводу, що наведені на рис. 2 і показані при номінальній напрузі – суцільною лінією, при 1,1 номінальній напрузі – штрих-пунктирною лінією і при 0,9 номінальній напрузі – штриховою лінією.

Аналіз результатів математичного експерименту показав, що застосування пофазно керованого пічного вимикача дозволяє знизити найімовірнішу максимальну амплітуду КСН в обмотках пічного агрегату (мережевого трансформатора) при номінальній напрузі і залишковому потоці 0,6 від номінального з 8,35 в.о. (2,29 в.о.) для найгірших умов комутації пічного агрегату, до 3,63 в.о. (1,39 в.о.) – рис. 2. Таке обмеження амплітуди КСН зменшує динамічний вплив на обмотки мереже-

вого трансформатора у $\left(\frac{2,29}{1,39}\right)^2 = 2,71$ разу, крім того, імовірність виникнення максимальних значень КСН значно зменшується.

Висновки

Здійснено аналіз процесів під час комутації пічного агрегату надпотужної дугової печі пофазно керованим пічним вимикачем. Показано, що застосування пофазно керованого, за

запропонованим алгоритмом, пічного вимикача дає змогу істотно знизити електродинамічні зусилля на обмотках мережевого трансформатора і тим самим підвищити надійність його роботи і СЕП ДСП загалом.

1. Варецкий Ю.Е., Гапанович В.Г., Кенс Ю.А., Жураховский А.В., Стряпан В.Н. Исследование бросков токов намагничивания в системе электроснабжения сверхмощных дуговых сталеплавильных печей // *Техническая электродинамика*. – К.: Наукова думка, 1990. – № 2. – С. 38–43. 2. Перхач В.С., Скрыпник А.И., Сегада М.С. Программа анализа электромагнитных процессов электроэнергетических систем с вентиляльными устройствами в контурных координатах. / Гос. ФАП, № П006676. Укр. ФАП. – 1984. – № 6143. – 93 с. 3. А. с. 1614139 (СССР). Способ управления системой электроснабжения дуговой сталеплавильной печи. / Варецкий Ю.Е., Гапанович В.Г., Кенс Ю.А., Стряпан В.Н., Харченко В.А., Дрогин В.И., Курлыкин В.Н., Татаров А.П. – Опубл. в Б.И., 1990, N 46.

УДК 007:681.516.4

Л.І. Демків

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ПМ

ВПЛИВ ВИБОРУ СТАНДАРТНОЇ ЛІНІЙНОЇ ФОРМИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМІЧНОЇ СИСТЕМИ З НЕЧІТКИМ МОДАЛЬНИМ РЕГУЛЯТОРОМ

© Демків Л.І., 2014

На прикладі двомасової системи з нечітким регулятором досліджено вплив коренів характеристичного полінома на характеристики динамічної системи. Зроблено висновки щодо доцільності налаштування регулятора на відповідні стандартні лінійні форми залежно від величини похибки регулювання вихідної координати системи.

Ключові слова: *нечітка логіка, стандартна лінійна форма, динамічна система, модальний регулятор.*

On the example of two-mass fuzzy control system the influence of characteristic polynomial's roots on the characteristics of a dynamic system is investigated. The conclusions about the advisability of setting controller to the appropriate standard linear forms depending on the size of the error of system's output coordinate.

Key words: *fuzzy logic, standard linear form, dynamical system, modal controller.*

Вступ

Сьогодні під час проектування електромеханічних систем актуальним є питанням синтезу регулятора, який забезпечував би бажані показники динаміки. Одним з найпоширеніших підходів для цього є метод модального керування. Для його застосування нелінійну систему замінюють лінеаризованою моделлю і синтезоване для неї керування використовують для реальної нелінійної системи.

Як показано в роботі [6], більшість електромеханічних систем можна описати двомасовою моделлю. Під час синтезу модального керування за повним вектором стану для таких систем виникає питання вибору форми розподілу коренів характеристичного поліному.

Дослідженню цього питання присвячено низку робіт, зокрема, в роботі [1] досліджено поліноміальні методи для синтезу статичних та астатичних регуляторів швидкості систем підпорядко-