

З ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

УДК 621.316.925

В. Г. Гапанович, В. П. Кідиба

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електричних станцій,
кафедра електричних систем та мереж

ОБМЕЖЕННЯ КИДКІВ СТРУМІВ НАМАГНІЧЕННЯ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ ПОПЕРЕДНЬОЮ КОМУТАЦІЄЮ ПІЧНОГО АГРЕГАТУ

© Гапанович В. Г., Кідиба В. П., 2016

Досліджено можливість обмеження кидків струмів намагнічення в системі електропостачання надпотужної сталеплавильної печі увімкненням пічного агрегату у два етапи, з подаванням на першому етапі на його обмотки пониженої напруги, а на другому – номінальної.

Ключові слова: кидки струму намагнічення.

The possibility of limitation of magnetization current inrushes in electrical power supply system of high-power steel-smelting furnace researched. Named research reviews way of two-stage switching of furnace unit, with decreasing of supply voltage on first stage and feeding furnace with rated voltage on second stage.

Key words: magnetization current inrushes.

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями

Введення в експлуатацію надпотужних дугових сталеплавильних печей (ДСП) спричинило різке зниження надійності їх систем електропостачання (СЕС ДСП). Причиною цього є комутаційний вплив ДСП. Технологічний процес плавлення сталі в ДСП вимагає часті комутації (до 30–40 комутацій за добу) пічних агрегатів значної потужності. Увімкнення пічних агрегатів звичайно здійснюється на неробочому ході, при цьому виникають повільно згасаючі уніполярні кидки струмів намагнічення (КСН), які перевищують номінальні струми трансформаторів у десять і більше разів [1]. У СЕС ДСП для живлення пічного агрегату застосовуються мережеві трансформатори звичайного виконання, не розраховані на електродинамічні зусилля від КСН такої величини та частоти. 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 (СЕС ДСП).

Актуальність та доцільність роботи

Підвищення надійності роботи окремих елементів СЕС ДСП дає змогу зменшити питому вартість плавлення сталі і є актуальною задачею. У періодичній літературі не виявили досліджень, що пов'язані з проблемою обмеження КСН у системах електропостачання надпотужних ДСП.

Мета і задачі роботи

Метою роботи є покращення техніко-економічних показників технологічного процесу плавлення сталі в дугових сталеплавильних печах.

Задачею цієї роботи є:

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

Виклад основного матеріалу

На рис. 1 наведена система електропостачання дугової сталеплавильної печі типу ДСП-100НЗ. Для дослідження комутаційних режимів, під час яких виникають КСН, використовували математичну цифрову модель [2].

Одним з основних чинників, що впливають на величину КСН, є амплітуда напруги живлення, від якої залежить амплітуда магнітного потоку в магнітопроводі пічного агрегату, а тому і величина струму увімкнення. Сутність запропонованого методу обмеження КСН полягає в такому. Процес увімкнення пічного агрегату відбувається у два етапи. На першому етапі на обмотки пічного агрегату подається знижена напруга від незалежного джерела живлення. Величина цієї напруги вибирається, враховуючи необхідне обмеження КСН на першому етапі процесу увімкнення. Через деякий час, обумовлений часом згасання перехідного процесу першого етапу, на обмотки пічного агрегату подається номінальна напруга. КСН, що виникають при цьому, залежать від стрибка напруги (різниця між номінальною і зниженою напругою), і при правильній обраній напрузі на першому етапі процесу увімкнення не перевищують припустимих заводом-виготовлювачем струмів за умовою забезпечення механічної міцності обмоток трансформатора.

Технічна реалізація запропонованого методу обмеження КСН можлива в системі електропостачання ДСП (рис. 1), що відрізняється від стандартної (на рис. 1 виділена пунктиром) наявністю пристрою обмеження КСН, що складається з допоміжного трансформатора TV, струмообмежувального реактора TR, вимикача Q2 та незалежного джерела живлення SN [3].

Дослідження на математичній моделі процесу увімкнення пічного агрегату в запропонованій системі електропостачання проводилося у дві стадії. На першій стадії пічний агрегат ТЕ під'єднується за допомогою вимикача Q2 через струмообмежувальний реактор TR і допоміжний трансформатор TV до джерела живлення SN. Для цієї стадії увімкнення пічного агрегату на математичній моделі досліджувалися залежності амплітуди кидків струмів намагнічування в обмотках мережевого трансформатора, пічного агрегату та допоміжного трансформатора від індуктивності струмообмежувального реактора. Дослідження проводилися для найгіршого розрахункового типу КСН (одночасне увімкнення двох фаз під час мінімуму лінійної напруги на цих фазах і увімкнення через 90 ел. град. третьої фази), максимальних залишкових потоках у магнітопроводах пічного агрегату та допоміжного трансформатора ($\Phi_{зал} = 0,9\Phi_{ном}$) і напруги

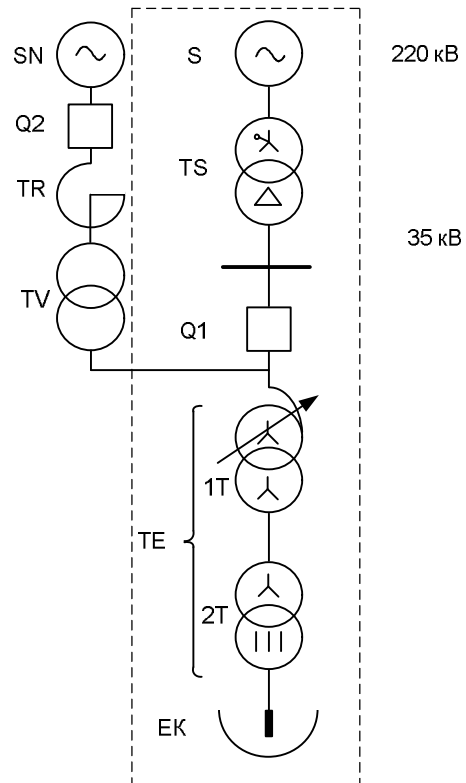


Рис. 1. Система електропостачання дугової сталеплавильної печі:
S – система; *TS* – мережевий трансформатор; *Q* – пічний вимикач;
TE – трансформаторний пічний агрегат;
1T – регулювальний автотрансформатор;
2T – пічний трансформатор;
ЕК – дугова сталеплавильна піч;
TV – допоміжний трансформатор;
TR – струмообмежувальний реактор;
Q2 – вимикач; *SN* – незалежне джерело живлення

джерела живлення SN, дорівнює 1,1 від номінальної. За результатами досліджень першої стадії увімкнення пічного агрегату побудовані графічні залежності (рис. 2, а) кратності КСН в обмотках допоміжного трансформатора від індуктивності струмообмежувального реактора (кратність КСН в обмотках досліджуваних трансформаторів подана стосовно амплітудного значення їх номінальних струмів). Дослідження показали, що на першій стадії процесу увімкнення амплітуди КСН в обмотках пічного агрегату (мережевого трансформатора) доволі незначні і не перевищують 0,04 в.о. (0,0092 в.о.) при індуктивності реактора, що дорівнює 0,1 Гн/фазу.

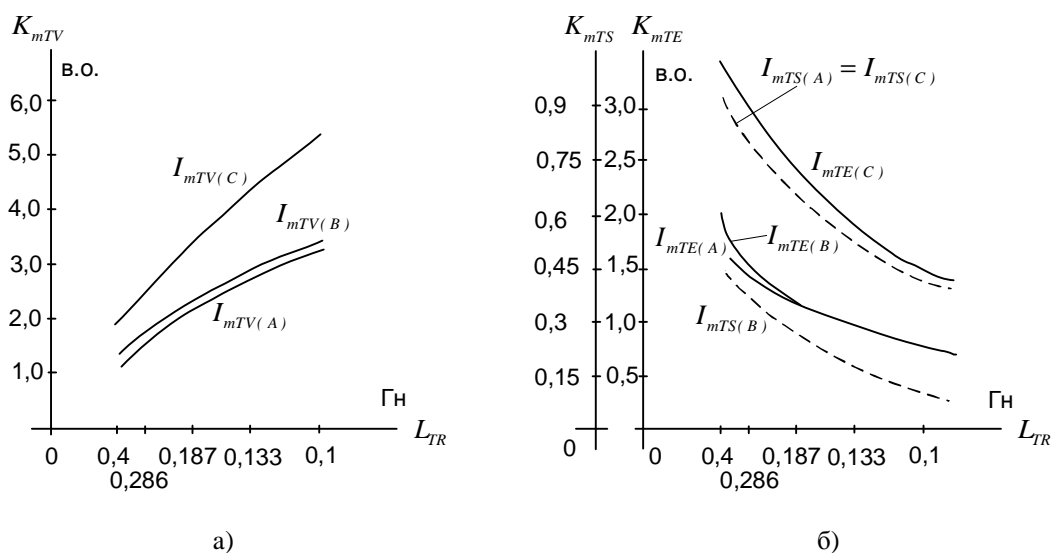


Рис. 2. Залежності кратності КСН в обмотках трансформаторів системи електропостачання надпотужної ДСП від індуктивності струмообмежувального реактора:
а – перша стадія увімкнення; б – друга стадія увімкнення

На другій стадії процесу увімкнення пічний агрегат дозбуджувався до повної напруги за допомогою увімкнення пічного вимикача Q1. Дослідження процесу комутації в цьому випадку проводилося також для найгіршого розрахункового типу комутації КСН і напруги джерела живлення S, що дорівнює 1,048 від номінальної. Процес комутації проводився при цілком розмагніченому магнітопроводі (нульовий залишковий потік) пічного агрегату. На математичній моделі досліджувалася залежність кратності КСН в обмотках мережевого трансформатора та пічного агрегату і значення усталеного струму в обмотках допоміжного трансформатора від індуктивності струмообмежувального реактора. За результатами досліджень побудовані графічні залежності, наведені на рис. 2, б. На графіках не показані залежності величини усталеного струму трансформатора TV від індуктивності реактора, тому що при індуктивності 0,1 Гн (при такій індуктивності зареєстровані найбільші значення усталеного струму TV) у фазах А і С допоміжного трансформатора зареєстрований максимальний струм величиною 1,4 від його номінального струму, що допустимо при короткочасному перевантаженні силового трансформатора.

Аналіз результатів математичного експерименту показав, що збільшення індуктивності струмообмежувального реактора з 0,1 Гн до 0,4 Гн на фазу значно зменшує кидки струму в обмотках допоміжного трансформатора з 5,4 в.о. до 1,91 в.о. При цьому спостерігається збільшення КСН в обмотках мережного трансформатора з 0,37 в.о. до 0,915 в.о. Отже, застосування струмообмежувального реактора індуктивністю 0,4 Гн/фазу дозволяє позбутися небезпечних значень КСН в обмотках мережевого трансформатора при забезпеченні допустимих значень перевантаження допоміжного трансформатора.

Висновки

Проаналізовано процеси під час комутації пічного агрегату надпотужної дугової печі поетапним увімкненням пічного агрегату. Показано, що застосування струмообмежувального реактора індуктивністю 0,4 Гн/фазу в запропонованому пристрої обмеження КСН дає змогу істотно знизити

електродинамічні зусилля на обмотки мережевого трансформатора при допустимому перевантаженні допоміжного трансформатора, і в такий спосіб 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.: Наук. думка, 1990. – № 2. С. 38–43.
2. Перхач В. С., Скрытник А. И., Сегада М. С. Программа анализа электромагнитных процессов электроэнергетических систем с вентиляемыми устройствами в контурных координатах / Гос. ФАП, № П006676. Укр. ФАП, № 6143. – 1984. – 93 с. 3. А. с. 1559438 (СССР). Система электроснабжения дуговой сталеплавильной печи / Кенс Ю. А., Гапанович В. Г., Варецкий Ю. Е., Сегада М. С., Харченко В. А., Дрогин В. И., Татаров А. П., Курлыкин В. Н. – Оpubл. в Б. И., 1990, № 15.

УДК 621.311.24

М. С. Сегада¹, О. Б. Дудурич²

¹ Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електричних станцій

² ПАТ “Львівобленерго”

ОСНОВНИ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ В ЕНЕРГОСИСТЕМИ

© Сегада М. С., Дудурич О. Б., 2016

Схематично відображено умови вибору точки під'єднання вітрових електричних станцій (ВЕС) до електроенергетичних систем та описано умови, які повинні бути виконані для забезпечення їх сумісної роботи. Проаналізовано ефекти інтеграції ВЕС в електроенергетичні системи на локальному (місцевому) та загальному рівнях. Розглянуто вимоги міжнародних стандартів до регулювання частоти електроенергетичних систем з вітровими електричними станціями.

Ключові слова: вітрова електрична станція (ВЕС), вітроенергетика, вітроелектрична установка (ВЕУ), електроенергетична система (ЕЕС), регулювання частоти, потоки потужності, точка підключення (ТП).

The conditions of the point of common coupling choice of wind power plants are shown schematically and the conditions that must be met for their joint operation as a part of the power systems are described. The effects of integration of wind power plants into the power systems at the local and general levels are analyzed. The requirements of the international Grid Codes to the frequency control of the power systems with wind power plants are considered.

Key words: wind power plant (WPP), wind power, wind turbine, power system (PS), frequency control, power flows, point of common coupling (PCC).

Вступ

Постійне зменшення викопних видів палива, необхідність скорочення викидів парникових газів та збільшення попиту на електроенергію є основними причинами пошуку нових (альтернативних) джерел енергії. Вітрові електричні станції (ВЕС) є важливими об'єктами електроенергетики, які виробляють «чисту» енергію, але спричиняють порушення в електроенергетичній системі (ЕЕС) через безперервно-змінну природу вітру, яку важко спрогнозувати. Не зважаючи на те, що сучасні ЕЕС стикаються з додатковою мінливістю і невизначеністю, яка зумовлена генерацією відновлюва-