

УДК 621.314

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИСОКОПОТЕНЦІАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧАХ ДЛЯ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

В.В. Мартинов¹, канд. техн. наук, **Ю.В. Руденко²**, канд. техн. наук
1, 2 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Наведено основні результати, отримані при виконанні науково-дослідної роботи з дослідження процесів у силових напівпровідникових перетворювачах для живлення електротехнологічного обладнання. Бібл. 7, рисунок..

Ключові слова: високовольтні, високопотенціальні джерела електроживлення, електротехнологічне обладнання.

Виконані наукові дослідження є етапом науково-дослідної роботи "Джерело" – "Розвиток та узагальнення теоретичних основ перетворення електроенергії та розробка на цій основі ефективних спеціалізованих високочастотних перетворювачів для потужного електротехнологічного устаткування".

Широке використання в промисловості сучасних електротехнологій, в яких застосовуються електронно-променеві, плазмові, дугові та інші методи обробки матеріалів, вимагає створення спеціалізованих джерел електроживлення.

До джерел електроживлення таких технологічних установок ставляться деякі спеціальні вимоги, наприклад: незмінність струму при динамічних збурюваннях у навантаженні та зменшення до мінімуму запасу енергії у вихідних колах при мінімальному рівні пульсацій вихідної напруги (струму). При цьому джерело електроживлення має бути високодинамічним, забезпечувати ефективну роботу устаткування в режимах від холостого ходу до максимального струму навантаження та короткого замикання. Проведені дослідження дали змогу обґрунтувати кілька структурно-функціональних схем таких джерел живлення, які відповідають сформованим вимогам [2, 3].

Досліджено перехідні процеси у високовольтних перетворювачах постійної напруги у постійну, побудованих за модульною структурою з використанням синхронного несинфазного керування [1]. Розроблено еквівалентну модель таких перетворювачів і методику розрахунку її параметрів для досягнення заданої динаміки перехідних процесів у системі з розімкненими зворотними зв'язками.

Для формування прискорювальної напруги електронно-променевих технологічних установок потужністю в десятки і сотні кіловат використовуються високочастотні високовольтні перетворювачі. Такий перетворювач звичайно складається з високочастотного інвертора і трансформатора, що перетворює вхідну напругу в необхідний рівень вихідної високої напруги. Конструкція вихідного трансформатора може бути різною, але звичайно високочастотний високовольтний трансформатор виконується за багатообмотувальною схемою.

Досліджено розроблену модель високовольтного багатосекційного трансформатора з паразитними прохідними ємностями між первинною і вторинною обмотками. Встановлено, що чим більше секцій у вихідному каскаді трансформатора, тим менший за амплітудою струм розряду і більша тривалість протікання струму у вихідному колі випрямляча при розряді паразитних ємностей під час короткого замикання в навантаженні. Запропоновано методику розрахунку захисних кіл, що обмежують струми через високовольтні діоди на вторинній стороні трансформаторів при високовольтних пробоях.

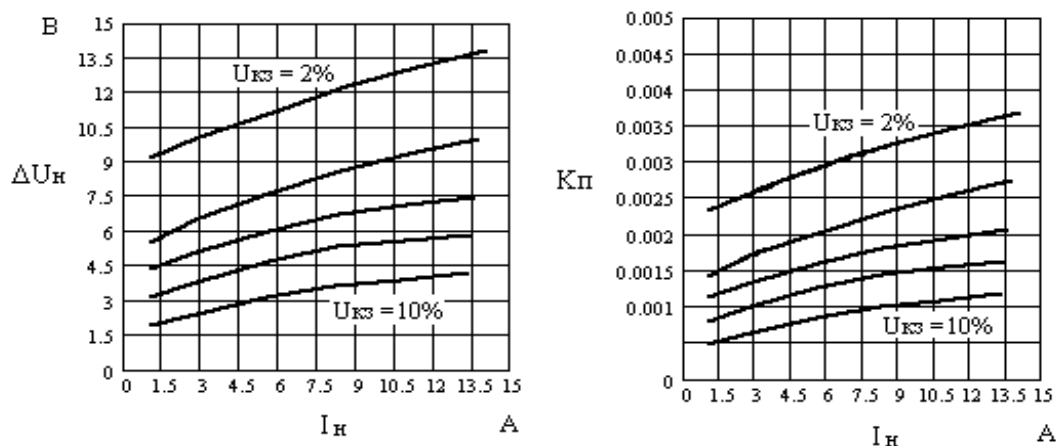
Досліджено перехідні процеси у вихідних колах джерел живлення при виникненні пробоеів у навантаженні [6]. Причиною сплесків струму, що виникають у вихідному контурі

джерела живлення при виникненні дугового розряду в електронно-променевої гарматі, є накопичення енергії в ємностях лінії з'єднання, вихідної ємності джерела та міжобмотувальних ємностях силового трансформатора при малій поздовжній індуктивності цього контура. При традиційному підключенні джерела до гармати за допомогою кабелю із заземленою зовнішньою жилою струми, при виникненні дугового розряду, досягають значень, спроможних призвести до відмови вихідного кола джерела живлення. Найпростішим засобом обмеження зворотної хвилі струму при пробоях у навантаженні високовольтного джерела живлення є суттєве зменшення накопиченої енергії у вихідних колах джерела живлення, а також введення додаткового опору між виходом високовольтного випрямляча і технологічною установкою.

Для електроживлення потужного електронно-променевого устаткування часто використовуються традиційні джерела, що працюють на частоті промислової мережі 50 Гц. Для забезпечення необхідного рівня вихідної напруги групи вторинних обмоток силового трансформатора через відповідні випрямлячі можна з'єднувати послідовно [7]. У роботі [4] викладено результати дослідження гармонічного складу споживаного струму системи електроживлення, коефіцієнта гармонік споживаного струму, коефіцієнта потужності, крутості навантажувальної характеристики залежно від внутрішніх параметрів силового трансформатора. Протягом звітного періоду був виконаний аналіз пульсацій вихідної напруги у такому секціонованому джерелі з вузлами струмообмеження на основі високочастотних імпульсних регуляторів залежно від внутрішніх параметрів силового трансформатора.

Для аналізу електромагнітних процесів у секціонованому джерелі розроблено схему заміщення з урахуванням активних втрат та індуктивностей розсіювання обмоток трансформатора. Для аналізу процесів у джерелі використано довідкові дані реального силового трансформатора ТСЗЛ – 630/10 [5]. Для цього типу трансформатора величина струму холостого ходу становить 1,4 % від номінального значення, напруга короткого замикання – 5,5 % від номінального значення, втрати холостого ходу – 1,65 кВт, втрати короткого замикання – 6,8 кВт. Виходячи з цих даних, у роботі [4] визначені активні втрати обмоток трансформатора й індуктивності розсіювання, що входять у еквівалентні схеми заміщення трансформаторів.

На основі розробленої схеми заміщення за допомогою чисельних методів проведено моделювання процесів на виході джерела електроживлення та побудовано вольт-амперні характеристики. Розраховано зміни величини пульсацій вихідної напруги секціонованого джерела живлення при зміні струму навантаження та внутрішніх параметрів трансформатора, які виражаються у величині напруги короткого замикання. На рисунку зображено графіки зміни величини пульсації вихідної напруги ΔU_H і коефіцієнта пульсацій вихідної напруги K_P при зміні струму навантаження I_H і значеннях напруги короткого замикання $U_{кз} = 2; 4; 6; 8; 10\%$.



З рисунка видно, що у всьому діапазоні зміни струму навантаження рівень пульсацій і коефіцієнт пульсацій вихідної напруги істотно залежать від величини внутрішніх параметрів трансформатора – активних втрат у обмотках та індуктивності розсіювання. З ростом величини активних втрат у обмотках та індуктивності розсіювання при розрахованих параметрах трансформатора коефіцієнт пульсацій вихідної напруги зменшується в три рази.

Через те, що рівень пульсацій напруги на вході регуляторів залежить від внутрішніх паразитних параметрів трансформатора, необхідно враховувати конструктивні особливості обмоток трансформатора, які зменшують вплив цих параметрів.

Результати, отримані при проведенні теоретичних досліджень, були використані при розробці систем електроживлення електронно-променевих технологічних установок. Зокрема, були розроблені та настроєні джерела “ДЖЕН 30-15” [1] для електроживлення газорозрядних гармат потужністю до 500 кВт із робочою напругою 30 кВ.

На етапі випробувань проводилися дослідження динамічних характеристик високовольтного джерела живлення “ДЖЕН 30-15” у режимах високовольтних пробів. Проведені випробування показали, що система керування разом з модульним інвертором забезпечує регулювання та стабілізацію вихідної напруги із плавним виходом на сталі значення.

Основні технічні параметри джерела живлення “ДЖЕН 30-15”:

- Вихідна напруга, кВ0...30
- Максимальний вихідний струм, А.....15
- Рівень обмеження вихідного струму від максимального значення, %.....130

Також протягом звітного періоду було розроблено та настроєно експериментальне джерело електроживлення для високовольтних (60 кВ) зварювальних гармат, що працюють у режимі модуляції струму променя.

1. *Мартинов В.В., Монжеран Ю.П., Можаровський А.Г., Лебедєв Б.Б., Смітюх Г.Е., Чайка Н.В., Іванов А.М.* Високовольтне джерело живлення для електронно-променевого нагрівання // Сучасна електрометалургія. – 2010. – № 2. – С. 57–60.
2. *Мартынов В.В., Руденко Ю.В.* Системи електроживлення, адаптовані до потреб сучасних технологій // Тез. доп. 6-ї Міжнар. конф. “Матеріали та покриття в екстремальних умовах: дослідження, застосування, екологічно чисті технології виробництва і утилізації виробів”. – Ялта, 2010. – С. 63.
3. *Мартинов В.В., Руденко Ю.В., Монжеран Ю.П.* Дослідження взаємодії силових транзисторних перетворювачів з дуговими, плазмовими та променевими технологічними навантаженнями // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України. – 2010. – Вип. 25. – С. 145–149.
4. *Руденко Ю.В.* Показники якості електроенергії на вході й виході секціонованого високовольтного джерела електроживлення для електротехнологій // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України. – 2008. – № 19. – С. 99–105.
5. *Трансформатори* силові загального призначення напругою до 35 кВ включно: Техн. дов. Ч. 2. – М.: ВНИИ Стандартэлектро, 1990. – 144 с.
6. *Шиловська Н.А., Мартинов В.В.* Узгодження високовольтного джерела живлення з електронно-променевою установкою // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 1. – С. 73–79.
7. *Пат. 85316* Україна. Високовольтне джерело живлення для електронно-променевого обладнання / М.С. Комаров, Ю.В. Руденко. – Бюл. № 1. – Опубл. 2009.

УДК 621.314

В.В. Мартынов¹, канд. техн. наук, **Ю.В. Руденко²**, канд. техн. наук

1, 2 – Інститут електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Исследование электромагнитных процессов в высокопотенциальных преобразователях для питания электротехнологического оборудования

Приведены основные результаты, полученные при выполнении научно-исследовательской работы по исследованию процессов в силовых полупроводниковых преобразователях для питания электротехнологического оборудования. Библи. 7, рисунок.

Ключевые слова: высоковольтные, высокопотенциальные источники электропитания, электротехнологическое оборудование.

V.V. Martynov¹, Yu.V. Rudenko²

1, 2 – Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Investigations of the electro-magnetic processes at high potential converters for supplying of electric technology equipment

The main results which were obtained by carrying out the Science and Research works directed to investigation of operation modes at the power semiconductor converters for supplying of electric technological equipment are given. References 7, figure.

Key words: high voltage, high potential power supply, electric technology equipment.

Надійшла 24.03.2011

Received 24.03.2011