

ВИМІРЮВАННЯ СТРУМІВ ШИХТОВАНИХ ШИНОПРОВОДІВ З ВЕЛИКИМИ СТРУМОВИМИ НАВАНТАЖЕННЯМИ

На підприємствах, що виробляють великогабаритні електрографітові вироби, застосовуються потужні печі опору змінного струму, які об'єднуються у секції печей. Для живлення таких секцій печей застосовують шихтовані багаторядні шинопроводи змінного струму, які мають значну довжину і працюють з великими або з надвеликими струмовими навантаженнями.

Такі шинопроводи повинні мати високу надійність в експлуатації. Проте контроль їх струмового навантаження здійснюється розрахунковим способом за даними виміру струмів на високій стороні пічного трансформатора.

На цей час для контролю стану і розподілу струмових навантажень по шинах шихтованих шинопроводів відсутні апаратні засоби для таких струмових вимірювань. Проте їх розробку слід вважати актуальною і у практичному, і у технічному, і у науковому плані.

Для побудови нової системи вимірювань запропоновано поєднання добре апробованих датчиків струму на основі поясів Роговського, які проектується за даними математичного моделювання магнітних полів, що створюються змінними струмами кожної шини з кожного ряду шихтованих шинопроводів.

У зв'язку із обмеженими відстанями між шинами у рядах шихтованих шинопроводів запропоновано по дві пари вимірювальних обмоток поясу Роговського розміщувати по ширині шин як над ними, так під ними перпендикулярно бічним поверхням. Такі обмотки необхідно з'єднувати між собою послідовно таким чином, щоб утворити біфілярні контури, які охоплюють кожну шину у шинопроводі.

Отже, для вимірювання струму у шинах необхідно змонтувати по дві обмотки, бажано з прямокутним контуром. Проте осьовий розмір зазначених обмоток не може перевищувати ширину шини. Отже він буде мати обмеження від 10 до 20 мм у разі застосування шин прямокутного профілю з алюмінію.

У зв'язку з тим, що силові лінії поля над шинами і під ними мають істотну кривизну, то проектування обмоток поясів Роговського здійснювали за даними польового моделювання осесиметричного поля для пакету шин одного ряду шинопроводу.

За даними моделювання розподіл горизонтальної складової магнітної індукції на відстані 10 мм від верхньої поверхні шини є виражено нерівномірним. Так горизонтальна складова індукції над бічною поверхнею шини у 2,5 – 2,7 раз менше її значення над серединою ширини шини.

Для усунення негативного впливу такого розподілу магнітного поля було запропоновано спроектувати обмотки із розгоном витків і середній області по їх осьовому розміру. Тоді щільність витків буде збільшена у зворотній пропорції до зменшення горизонтальної складової індукції магнітного поля уздовж осі вимірювальної обмотки. Крім того розгін витків по осі обмотки не призводить до зміни їх зовнішніх розмірів і не ускладнює їх монтаж на шинах.

У зв'язку із зміною напрямку струмів на зворотній у розташованих поруч шинах пояси Роговського кожної з таких шин з'єднуються у зустрічному порядку. Тоді результуючий сигнал від усіх поясів Роговського буде відповідати струмовому навантаженню для окремого ряду багаторядного шинопроводу із коефіцієнтом підсилення 2.

Результати розрахунку і проектування системи вимірювання струму дворядного шихтованого шинопроводу з прямокутними шинами на основі поясів двообмоткових поясів Роговського верифікувалися з даними 2D польового моделювання у структурі засобів FEMM.

Верифікацію здійснювали для ділянки довжиною 1 м для однорядного шинопроводу з 16 шинами шириною 12 мм і висотою 120 мм кожна. Відстань між шинами складала 15 мм.

Була встановлена пропорційна залежність сумарного сигналу обмоток поясів Роговського від струмового навантаження шинопроводу. Тому порівняння модельної точності вимірювань із вихідними даними струмового навантаження здійснювалося у відносних одиницях. При зміні струмового навантаження від 10% до 120% від номінального вихідний сигнал поясів Роговського змінювався від 9,98% до 121,11%. Отже максимальне значення струмової похибки для запропонованої системи вимірювання, яке відповідає максимальному струмовому навантаженню, не буде перевищувати 0.925%.

Отже запропонована система вимірювання струмів з класом точності 1 повністю задовольняє технологічні вимоги до вимірювання струмового навантаження великих печей опору для забезпечення відповідності виробничих процесів технологічним завданням вводу потужності.

Проведені дослідження, аналіз їх результатів та зроблені висновки дозволяють розширити область застосування запропонованої системи вимірювання великих струмів на інші технологічні системи і обладнання змінного струму, яке використовується на підприємствах електрометалургійного профілю.