УДК 621.313.322

АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОСИЛЕННЯ ПОРУШЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК СТАТОРІВ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ З ПОВІТРЯНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ

Усс Д. С., студент, e-mail: ussdanylo@gmail.com
Науковий керівник проф. Шевченко В. В.
Національний технічний університет «ХПІ»

У світовій практиці йде перехід на повітряне охолодження в ТГ дедалі більшої потужності (до 200 МВт і більше). Однак в обмотках статора деяких ТГ з повітряним охолодженням з'явилися проблеми, які не були відзначені в ТГ з водневим охолодженням: посилилося руйнування ізоляції стрижнів обмоток статора через підвищену вібрацію та посилення часткових розрядів (ЧР) у лобових частинах обмотки. Така проблема була встановлена в статорах, як зі звичайною ізоляцією, так і з вакуумним термореактивним просоченням. Цю проблему не можна виключити повністю, але коли вона зрозуміла та виявлена на ранній стадії, її можна сповільнити. У ТГ з повітряним охолодженням не потрібне обладнання для подачі водню, але посилюються ЧР в обмотці статора, так як напруга пробою у повітрі набагато нижче, ніж у водню, що знаходиться під високим тиском, а між лобовими частинами різних фаз обмоток спостерігається найбільший потенціал. Проблеми збільшення ЧР у лобових частинах обмоток статора призвели до появи відмов вже через п'ять років після початку експлуатації.

У ТГ використовують багатоскладові клини, хвилясті прокладки та ущільнювальні матеріали для зменшення вібрації стрижнів у пазах під дією змінного магнітного поля з частотою 100 Гц. Це дорого і вимагає суттєвих витрат на установку. Одним із рішень був перехід до статорів із вакуумним просоченням ізоляції: статор просочується епоксидною смолою у спеціальній ємності, що суттєво знижує вартість та час виробництва порівняно із звичайними перевірками надійності закріплення витків в пазах. Основна причина вібрації стрижнів в пазах статора полягає в тому, що стрижні не закріплені досить міцно в пазах, і при повному навантаженні змінне поле з частотою 100 Гц «розхитуватиме» стрижні, обмотка рухається в пазах через неякісне виготовлення або ослаблення кріплення в процесі експлуатації. Поступово корпусна ізоляція стирається об сталь стінок пазів: стирається напівпровідникове покриття, а потім і корпусна ізоляція. Це супроводжується розрядами в пазах, тому що після стирання напівпровідникового шару проявляються ЧР між поверхнею стрижня і корпусом, прискорюючи подальше руйнування.

У статорах з вакуумним просоченням обмотки стрижні трохи збільшені, щоб вони щільно трималися в пазах. Використовується проста система клинів, яка здебільшого служить для утримання стрижнів у пазах до просочення. Однак, коли агрегат вводиться в експлуатацію та піддається циклічним температурним, механічним та електричним навантаженням, стрижні починають рухатися в пазах. Матеріали в пазу: сталь, мідь та ізоляція, – мають різні температурні коефіцієнти розширення, що веде до руйнування наповнювача в місцях зіткнення стрижня і корпусу; з'являється порожнечі між стрижнями і корпусом, і, як наслідок цього, посилюються ЧР, які прискорюють руйнування, збільшуючи розмір порожнеч. Для заповнення цієї порожнечі використовують додаткову ізоляцію. На рис.1 показана додаткова ізоляція в лобовій частині обмотки статора, що недостатня для заповнення порожнин.

Для зменшення інтенсивності ЧР можна запропонувати заново спроектувати лобову частину обмотки, використовуючи інший спосіб з'єднання; для заповнення порожнин вводити силікон у пошкоджені області, встановити екран між фазними виводами із заповненням всіх порожнин епоксидною смолою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shevchenko V. V., Minko A. N., Dimov M. Improvement of Turbogenerators as a Technical Basis for Ensuring the Energy Independence of Ukraine // Kharkiv: NTU "KhPI". – Electrical Engineering & Electromechanics. – 2021, no. 4. – Pp. 19-30. https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/59962