

## ШЛЯХИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ

**Коробкова Г.О.**, студентка 2 року магістратури  
(Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця)

*The work proved by reconstruction turbogenerators*

Державним підприємством «Завод «Електротяжмаш» було випущено турбогенератор ТГВ-200М номінальною потужністю 200 МВт з водяним охолодженням обмотки статора. Турбогенератор практично виробив регламентований ресурс і вимагає повузлової модернізації або заміни. Таким чином, необхідно провести реконструкцію з метою підвищення одиничної потужності блоків, розширення діапазону допустимих навантажень (особливо при температурі води, що охолоджує, вище 33 °С), підвищення надійності устаткування та мінімізації витрат при реконструкції.

Завдяки надійній конструкції і достатньому налаштуванню власних частот коливань від тих, що вимушують корпус статора, система підвіски сердечника і сам сердечник, як правило, знаходяться у доброму стані турбогенератора ТГВ-200М, навіть відпрацювавши більше 30 років. Робочі індукції, а отже, і питомі втрати в зубцях статора, декілька нижче, ніж в інших турбогенераторів даного класу. Це обумовлено тим, що обмотка статора має одну паралельну гілку у фазі (тобто мале число пазів - 30) і зубцева зона «не затінена зайвою ізоляцією стержнів». Дані обставини дозволяють виконати реконструкцію статора в умовах станції.

При реконструкції велику увагу слід приділити обмотці статора: її конструкції, кріпленню стержнів в пазовій і лобовій частинах, способу охолодження і теплоконтролю.

Для зниження втрат в обмотці статора перетин міді стержня необхідний декілька збільшити при збереженні його зовнішніх розмірів. Вибрані ізоляційні матеріали і технологія виготовлення корпусної ізоляції стержнів обмотки дозволять зменшити товщину ізоляції без зниження її електричної міцності.

Для забезпечення гарантованої протоки рідини, що охолоджує, через кожен стержень слід організувати подачу і злив води з кожного стержня за допомогою фторопластових шлангів, тим самим виключити мідні трубчасті перемички, які є одним з ненадійних елементів системи охолодження обмотки унаслідок появи в них тріщин при підвищенні вібрації голівок стержнів (в разі ослаблення їх кріплення). У місцях з'єднання шлангів, що підводять воду, і зливних з наконечниками стержнів виключити ущільнювальні гумові кільця і застосувати надійніше чисто металеве з'єднання типу «конус-сфера». Модернізована система охолодження обмотки статора дозволить контролювати температуру води на сливі з кожного стержня, що розширить діагностичні можливості системи теплоконтролю турбогенератора ТГВ-200М.

Для забезпечення надійної роботи турбогенератора ТГВ-200М із збільше-

ними струмами в обмотці статора, тобто із збільшеними механічними навантаженнями, що діють на стержень, в пазовій і лобових частинах стержні обмотки статора слід надійно закріпити з використанням сучасних конструкцій і технологій для забезпечення підвищеної надійності і ремонтпридатності.

Усі дистанційні колодки і конструктивні деталі, прилеглі до бічних частин обмотки, слід встановити на формопласті, що виключить тим самим якінебудь зазори між ними. Використання натяжних елементів дозволить закріпити лобові частини із заданим зусиллям, а використання лавсанового шнура - створити додаткове обтискання тангенціальних стягувань, дистанційних колодок. Склобандажна стрічка і лавсановий шнур слід просочити терморезистивним компаундом гарячого затвердіння.

Кріплення стержнів в пазах статора слід здійснити за допомогою складних клинів, що «самовстановлюються». Конструкція клину забезпечить як надійне закріплення стержня в пазу, так і виключить нерівномірне натиснення клину на стержень, тобто забезпечить паралельність нижньої поверхні клину і верхньої частини стержня.

Реконструкцію ротора слід проводити у заводських умовах і включити два основних заходи: удосконалити систему вентиляції обмотки і підвищити термічну стійкість ротора до несинхронних полів статора. Крім того, відновити зношені деталі, вузли і деякі місця на валу ротора.

Удосконалення системи вентиляції обмотки ротора полягає у виконанні роздільного охолодження пазової і лобової частин обмотки. Це досягається фрезеруванням у кожному четвертому витку обмотки двох вхідних отворів у торці бочки ротора для подачі газу відповідно в пазову і лобову частини обмоток, а наявні вхідні отвори в лобових частинах обмотки використовуються для виходу газу з лобових частин [3, 4]. Зону викиду газу з лобових частин слід відокремити від напірної зони шляхом встановлення відповідних склотекстолитових колодок (рис. 1). При цьому температура обмотки ротора знижується на 10... 15 °С, в той же час при модернізованій системі охолодження допустима температура обмотки підвищується на 5 °С у відповідності із стандартами.

При реконструкції також слід застосовувати усі ізоляційні матеріали класу нагрівостійкості «Р», що при необхідності дозволить підвищити допустиму температуру обмотки ще на 15 °С. У практиці експлуатації енергосистем неминучі несиметричні режими і режими роботи на нелінійне навантаження. Вказані режими можуть існувати у різних комбінаціях, продовжуватись тривало або бути короткочасними. Короткочасні несиметричні режими викликаються короткими замиканнями (КЗ), тривалі бувають наслідком несиметричного навантаження або роботи при неповнофазній передачі енергії.

Як при несиметричних, так і при несинусоїдальних навантаженнях в генераторах, що працюють в енергосистемі, виникають несинхронні поля, які приводять у контурах ротора струми підвищеної частоти.

Струми, що наводяться в роторі, як сила від струмів зворотної послідовності, так і сила, що намагнічує, що намагнічує, від вищих гармонік струму статора мають малу глибину проникнення і замикаються по одних і тих же шляхах; втрати, що виділяються при цьому, в контурах ротора викликають не лише

додатковий нагрів ротора, але і підгари у контактуючих елементах: клин - зуб, бочка ротора - бандажне кільце. Найбільші підгари спостерігаються в зонах великих зубців, особливо в кінцевій зоні ротора.

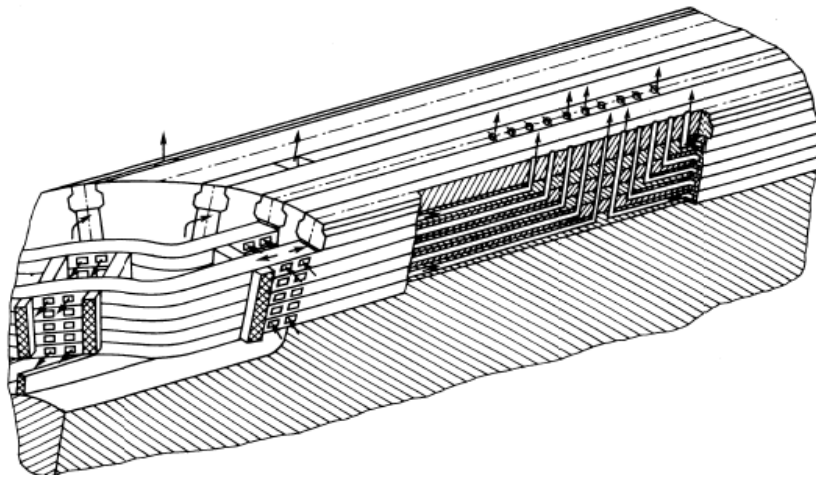


Рис. 1. Встановлення склотекстолитових колодок

У турбогенераторі ТГВ-200М єдиним заходом, що знижує струми, що наводяться на бочці ротора, було виконання кільцевих проточок, які виявилися недостатньо ефективними при значній несиметрії і несинусоїдальності.

Найбільш простим і ефективним рішенням є вживання кінцевих бронзових клинів, що встановлюються по обидві сторони кільцевих проточок з одночасним збільшенням натягу при посадці бандажного кільця. Вживання кінцевих клинів з бронзи як в обмотувальних пазах, так і в пазах великого зуба забезпечить підвищену електропровідність кінцевої зони і високу термостійкість ротора. Завдяки цьому заходу у поєднанні з підвищеним натягом значно знизиться вірогідність появи електроерозії в місцях посадки бандажних кілець на бочку ротора [1, 2].

Для забезпечення надійної роботи генератора, особливо в літній час, слід замінити теплообмінники системи водяного охолодження обмотки статора на теплообмінники з більшою тепловідвідною здатністю. Крім того, нові теплообмінники більш присовані до роботи з водою, що охолоджує, містить велику кількість домішок.

З метою підвищення надійності генератор слід оснащати приладами безперервного контролю питомого електричного опору дистилляту, що охолоджує обмотку статора, і величини відносної вологості водню в корпусі генератора. У результаті реконструкції номінальну потужність турбогенератора підвищено до 225 МВт,  $\cos\varphi=0,85$  при незмінених надлишковому тиску водню в корпусі генератора 0,3 МПа і температурі води, що охолоджує, на вході в газоохолоджувачі 33 °С. Максимально допустиме тривале навантаження 247,5 МВт, з  $\cos\varphi=0,85$  при надлишковому тиску водню 0,4 МПа і температурі води, що охолоджує, 20 °С. Діаграму допустимих навантажень реконструйованого генератора представлено на рис. 2.

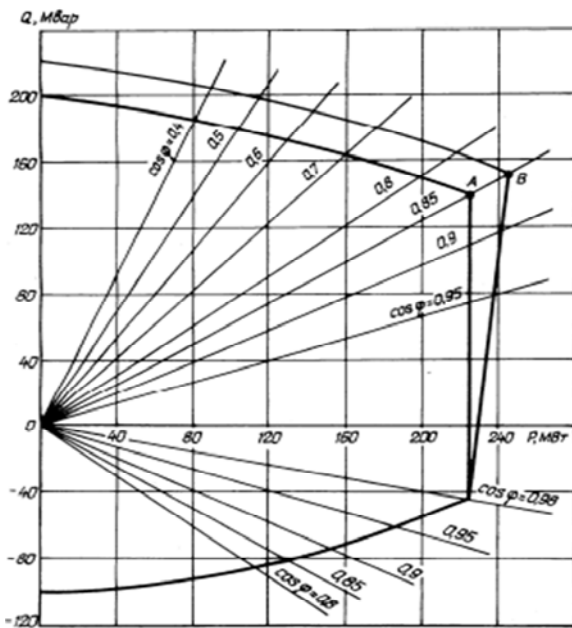


Рис. 2. Діаграма допустимих навантажень турбогенератора ТГВ-200М (р)

Допустимі симетричні і несиметричні перенавантаження віднесені до нової номінальної потужності. Допустимий асинхронний режим при втраті збудження і тривало допустимий струм зворотної послідовності також збільшено пропорційно зростанню номінальної потужності. Таким чином, завдяки тому, що інтенсифікацію охолодження турбогенератора при підвищенні номінальної потужності було досягнуто без додаткових витрат електроенергії, а також унаслідок збільшення поперечного перерізу міді обмотки статора, коефіцієнт корисної дії реконструйованого генератора вище, ніж у базового. Реальний коефіцієнт корисної дії реконструйованого генератора матиме вище значення, оскільки робоча температура обмотки ротора значно нижче допустимої, внаслідок чого втрати на збудження знизяться.

*Науковий керівник канд. техн. наук Стрельчук Р.М.*

**Список літератури:** 1. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. РД34.4551.300.97. – М: ЭНАС, 1998. 2. Алексеев Б.А. Определение состояний (диагностика) крупных турбогенераторов. – М.: ЭНАС, 2001. 3. Назояин А.Л., Поляков В.И. Управление развитием дефектов на работающем генераторе // Электрические станции. – 2006. – № 1. – С. 49–52. 4. Патент 2113754 РФ. Способ контроля прессовки сердечника статора электрической машины. А.В. Григорьев, В.Н. Осотов, Д.А. Ямпольский // Открытия. Изобретения. – 1998. – № 17.