УДК 621.313.322-81

С.О. ЛУК'ЯНЧИКОВА, НТУ «ХПІ», Харків, Україна
В.Д. ЮХИМЧУК, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Удосконалення технології виробництва статора турбогенераторів

Зростання одиничної потужності енергетичних турбоагрегатів – це необхідна умова забезпечення величезних темпів зростання виробітку електроенергії. Збільшення збитку від аварійної зупинки крупного енергоблоку на перший план висуває завдання щодо забезпечення високих показників надійності обладнання, зокрема, турбогенератора.

Підвищення одиничної потужності турбогенератора, в основному, відбувається за рахунок більш інтенсивного використання активних матеріалів при форсуванні охолодження обмоток статора і ротора. Великі лінійні струмові навантаження і, як наслідок, великі змінні електродинамічні зусилля, наявність води як охолоджуючого агента роблять обмотку статора чи не найбільш вразливим місцем турбогенератора.

У даній статті будуть розглянуті деякі підходи, до яких вдаються виробники турбогенераторів з метою підвищення надійності, конкурентоспроможності та економічності.

Одним з найбільш часто використовуваних підходів є турбогенератори з повітряним охолодженням. Тут, на відміну від традиційного водневого охолодження, переважного в минулому на високооборотних агрегатах номіналом понад 100 МВА, використовується повітря для безпосереднього або непрямого охолодження обмоток ротора і статора. Вигода полягає в тому, що обладнання для роботи з воднем більше не потрібне, через що ціна знижується.

Інший підхід, пов'язаний з новими турбогенераторами, полягає в зміні деяких вихідних параметрів. Наприклад, збільшення проектної електричної стійкості корпусної ізоляції, що зменшує товщину корпуса. Завдяки цьому пази статора зменшуються. Відповідно зменшується і весь агрегат, знижуючи вартість (за рахунок меншої витрати матеріалів: мідь, сталь, ізоляція) практично на 20%. Інший плюс полягає в тому, що більш тонка корпусна ізоляція відводить тепло від мідного провідника, що нагрівається на корпус генератора (тепловідвід) є значно ефективнішим, таким чином, зменшуючи температуру статора.

На додаток, щоб поліпшити діелектричні властивості, деякі виробники використовують сучасну епоксидно-слюдяну корпусні ізоляцію, що володіє кращими термічними властивостями. Це дозволяє зменшити кількість використовуваної міді (збільшуючи теплові втрати провідника), сталі (збільшуючи теплові втрати корпусу) та зменшити довжину лобової частині обмотки (зменшуючи ефективність лобовій частині обмотки як тепловідведення). Наслідком цього є більш високі робочі температури.

Третій спосіб зменшити вартість виробництва сучасних обмоток статора

полягає в спрощенні системи кріплення стрижнів (витків) в пазах статора. У великих турбогенераторах використовуються складні багатоскладові клини, хвилясті прокладки або подібні матеріали ущільнювачів в спробі виключити вібрацію стрижнів (витків) в пазах під дією змінного магнітного поля з частотою 100/120 Гц. Такі системи дорого коштують і вимагають істотних тимчасових витрат на установку.

В агрегатах, з нижчими номінальними характеристиками струми стрижнів також нижчі і відповідно потреба в складних системах кріплення в пазах зменшується.

Одним з рішень цього питання був перехід до статора з глобальним вакуумним просоченням, тобто статор обмотують гнучкими «зеленими» витками або стрижнями, а потім весь статор просочується епоксидною смолою в спеціальній ємності. Це істотно знижує вартість праці і час виробництва порівняно з перевірками надійності закріплення витків в пазах.

Також заслуговує на увагу така інновація, як застосування трубчастого корпусу. Форма корпусу є уніфікованою для всієї лінійки потужностей 25, 40, 50, 80 і 110 МВт. ТТК (турбогенератори з трубчастим корпусом) відрізняються від своїх попередників меншою вагою (в середньому на 15-20%) і габаритами (по висоті, довжині і ширині на 10-15%).

Невелика вага і компактність забезпечуються компонувальними рішеннями, що дозволяють отримати конструкцію з мінімальною кількістю деталей і вузлів.

ККД генератора досягає 98,2-98,4%, це обумовлюється зниженням механічних втрат за рахунок використання високоефективних відцентрових вентиляторів, зменшенням електричних втрат в обмотках статора і ротора за рахунок приведення робочих температур до рівня нижче норм, встановлених для ізоляції класу F.

Інновація, застосована при розробці ТТК – запатентована система охолодження по замкнутому циклу з двома повітряохолоджувачами циліндричної форми з боків генератора. Завдяки цьому, агрегат при пікових навантаженнях працює без перегріву. Подача охолоджуючого повітря в статор і в ротор роздільна. Використовуються щитові підшипники, що мають наступні переваги в порівнянні зі стояковими:

-спрощення конструкції, зменшення габаритних розмірів і маси генератора;

- поліпшення герметизації генератора.

Рівень шуму машини знижений до 80 дБ.

Сучасний дизайн та технології виробництва дозволяють суттєво знизити вартість турбогенераторів, удосконалити масо-габаритні показники, підвищити конкурентоспроможність,економічність та надійність.