

УДК 621.735:2.043

ПРОБЛЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ БОЛЬШОЙ И СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

А.П.Грубой, А.В.Третьяк,
ГП завод «Электротяжмаш»,
пр. Московский, 299, Харьков, 61089, Украина.

Определены недостатки систем охлаждения турбогенераторов большой и средней мощности, указаны основные проблемы охлаждения сердечника статора, а также приведен вариант интенсификации теплообмена в активных частях турбогенератора. Вариант основан на специальном профилировании охлаждающих каналов статора с учетом перераспределения охлаждающего воздуха и тепловыделения в стержнях. В результате максимальная температура стержней понизилась примерно на 5°С, что приведет к увеличению ресурса. Так как стержни имеют наиболее низкий ресурс в конструкции турбогенератора, то данное усовершенствование значительно улучшает надежность конструкции. Библ. 2, рис. 1.

Ключевые слова: турбогенератор большой мощности, теплогидравлический расчет, статор, системы охлаждения.

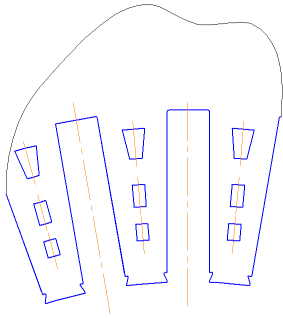
Асинхронные и синхронные машины различаются по принципу действия, по устройству их роторов, но статоры этих машин в подавляющем большинстве случаев имеют подобную конструкцию.

Предельно допустимые повышения температуры для различных частей электрических машин установлены ГОСТ 183-74. Превышение температуры на 10–12°С сверх допустимой сокращают срок службы изоляции примерно вдвое. Поэтому охлаждение активных частей турбогенератора играет значительную роль в определении надежности и долговечности работы электрических машин. По данным ВНИИКЭ 15–20% отказов синхронных машин общего применения приходится на обмотки, причем повреждение обмоток статора и ротора встречаются с равной вероятностью.

Наибольшее число повреждений изоляции стержней относится к пазовой (прямолинейной) части. В местах пересечения стержня с вентиляционными каналами активной стали и у выходов из пазов с течением времени изоляция разбухает и частично расслабляется. Во время работы электродинамические усилия, вибрация стержней, переменные температурные режимы, вызывающие удлинения и сокращение изоляции и проводников стержня, ускоряют старение изоляции и постепенно снижают ее прочность. В турбогенераторах с высокой токовой нагрузкой и достаточно большими полями рассеяния как в пазовой, так и лобовых частях обмотки статора серьезную опасность может представлять замыкание элементарных проводников, принадлежащих различным столбцам стержня. Возникающие в этом случае потери могут оказаться достаточными, чтобы вызвать тепловое старение изоляции и ее электрический пробой. Повреждение изоляции стержней может появиться с течением времени как следствие замыкания листов активной стали в зоне пазов. Замыкание листов (сегментов) активной стали вызывает местный, иногда очень высокий, нагрев изоляции и ее тепловое старение. Повреждение изоляции нередко оканчивается пожаром обмотки и выгоранием активной стали. В лучшем случае повреждение стержня в пазовой части ограничивается заменой дефектного стержня, для чего требуется вывод генератора в ремонт на несколько дней.

Для турбогенераторов мощностью более 200 МВт заводом «Электросила» разработана новая конструкция системы охлаждения обмотки и сердечника статора. Впервые новая система охлаждения была применена в турбогенераторе мощностью 225 МВт. В новой конструкции сохранена идея U-образного канала и принципа чередования разноименных зон на периферии статора. Канал, расположенный в радиально-тангенциальной плоскости, заменен на радиально-аксиальный канал. Течение образовано перепуском воздуха между соседними радиальными каналами через аксиальные щелевые каналы, выполненные в зубцах статора. При этом каждый четный радиальный канал, получая холодный воздух из камеры нагнетания, сообщается с парой соседних нечетных каналов через аксиальные каналы в зубцах. Достоинством этой системы охлаждения является увеличение коэффициентов теплоотдачи в радиальных каналах в 1,5 раза по сравнению с U-образными каналами, возрастание общей поверхности охлаждения зубцовой зоны и существенное снижение термического сопротивления.

Повышение коэффициентов теплоотдачи объясняется турбулизацией и срывом пограничного слоя вследствие ответвления воздушного потока в аксиальные каналы. Однако, несмотря на то, что введенные в конструкцию изменения существенно улучшают охлаждение, надежность работы турбогенератора при этом снижается, так как дополнительные вентиляционные распорки крепятся к элементам статора посредством точечной сварки. При работе турбогенератора возникают высокие вибрации, которые могут привести к разрушению крепления и попаданию распорок в зазор между статором и ротором, что может привести к разрушению элементов ротора и статора. Кроме того, максимальное тепловыделение происходит в нижнем стержне обмотки статора. Как показывают расчеты и опыт эксплуатации турбогенераторов система охлаждения с 3-мя вентиляционными отверстиями равного проходного сечения и дополнительными распорками, предложенная заводом «Электросила», не позволяет равномерно производить охлаждение элементов статора.



В качестве альтернативного решения предложено профилировать вентиляционные отверстия таким образом, чтобы обеспечить распределение воздуха по трем отверстиям, учитывающим особенности тепловыделения стержней статора. Предложенная схема показана на рисунке.

Проведенный анализ показал, что предложенная система охлаждения обеспечивает снижение температуры статора примерно на 5°C, что повышает надежность конструкции.

Предложенные в работе конструктивные изменения позволят решить ряд проблем в охлаждении турбогенераторов большой и средней мощности. В частности: увеличить теплопередачу в элементах статора, а также повысить надежность конструкции и ресурс турбогенератора за счет интенсификации охлаждения элементов статора (стержней и «активной стали»).

1. Борисенко А.И., Костиков О.Н., Яковлев А.И. Охлаждение промышленных электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 296 с.
2. Токарев Б.Ф. Электрические машины: учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 624 с.

УДК 621.735:2.043

ПРОБЛЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ ВЕЛИКОЇ ТА СЕРЕДНЬОЇ ПОТУЖНОСТЕЙ

А.П.Грубой, А.В.Третяк,

ГП завод «Електротязжмаш»,

пр. Московський, 299, Харків, 61089, Україна.

Визначено недоліки систем охолодження турбогенераторів великої та середньої потужностей, вказано на основні проблеми охолодження осердя статора, а також представлено варіант інтенсифікації теплообміну в активних частинах турбогенератора, який базується на спеціальному профілюванні охолоджуючих каналів статора з врахуванням перерозподілу охолоджуючого повітря та тепловиділення у стрижнях. У результаті максимальна температура стрижнів знизилася приблизно на 5°C, що призводить до збільшення ресурсу. Через те, що стрижні мають найнижчий ресурс у конструкції турбогенератора, запропоноване удосконалення значно покращує надійність конструкції. Бібл. 2, рис. 1.

Ключові слова: турбогенератор великої потужності, теплогідрравлічний розрахунок, статор, системи охолодження.

PROBLEMS OF TURBOGENERATORS LARGE AND MEDIUM POWER COOLING

A.P.Gruboi, A.V.Tretiak,

State enterprise plant "Electrotyazhmash",

299, Moskovskiy Avenue, Kharkiv, 61089, Ukraine.

Turbogenerators large and medium power cooling system disadvantages are identified. The main problems of the stator core cooling are identified also. The variant of heat transfer enhancement in the stator core is proposed. The variant bases on the cooling channels design, taking into account the air distribution and heat load in the bars. As a result, proposed design provides the maximal bars temperature decreasing on the 5°C and insulation lifetime. As the bars have minimum lifetime in turbogenerator design, that is why given improvement makes better reliability of the design. References 2, figure 1.

Key words: turbo-generator of high power, thermal-hydraulic calculation, the stator, the cooling system.

1. Borisenko A.I., Kostikov O.N., Yakovlev A.I. Cooling of industrial electric machinery. – Moskva: Energoatomizdat, 1983. – 296 p. (Rus)
2. Tokarev B.F. Electric machinery. – Moskva: Energoatomizdat, 1990. – 624 p. (Rus)

Надійшла 04.01.2012

Received 04.01.2012