

УДК 621.3

Охлаждение генераторов жидким гелием

Новик С. И.

Научный руководитель – ПОТАЧИЦ Я. В.

При работе генераторов происходит нагревание частей генератора, в результате чего наблюдается постепенный износ и старение изоляции. Поэтому необходим отвод тепла и охлаждение генераторов. Длительно допустимая температура частей генератора зависит от класса нагревостойкости изоляции. Например, для класса нагревостойкости изоляции «В» допустимая температура обмотки статора должна быть не более 105 °С, а ротора не выше 130 °С. Чтобы предотвратить перегрев изоляции, генераторы выполняют с искусственным охлаждением.

По способу отвода тепла от нагретых обмоток статора и ротора различают косвенное и непосредственное охлаждение.

При косвенном охлаждении охлаждающий газ (воздух или водород) с помощью вентиляторов, встроенных в торцы ротора, подается внутрь генератора и прогоняется через немагнитный зазор и вентиляционные каналы. При этом охлаждающий газ не соприкасается с проводниками обмоток статора и ротора и тепло, выделяемое ими, передается газу через значительный тепловой барьер – изоляцию обмоток.

При непосредственном охлаждении охлаждающее вещество (газ или жидкость) соприкасается с проводниками обмоток генератора, минуя изоляцию и сталь зубцов, т. е. непосредственно.

В настоящее время применяются:

- косвенное воздушное охлаждение обмоток статора и ротора;
- косвенное водородное охлаждение обмоток статора и ротора;
- непосредственное охлаждение обмотки возбуждения и косвенное охлаждение обмотки статора водородом;
- непосредственное охлаждение обмотки возбуждения водородом, а обмотки статора водой;
- непосредственное охлаждение обмоток водой;
- дальнейшим направлением развития систем охлаждения турбогенератора является применение криогенной системы – охлаждение обмотки ротора жидким гелием.

Воздушное охлаждение косвенное ротора и статора применяется в турбогенераторах мощностью до 25 МВт и в гидрогенераторах до 250 МВт. Проточная система охлаждения применяется для генераторов небольшой мощности. В этой системе воздух забирается из помещения и с помощью вентиляторов, насаженных на вал генератора, прогоняется через зазор между статором и ротором по вентиляционным каналам. При этом изоляция обмоток быстро загрязняется и срок службы генератора уменьшается.

Замкнутая система охлаждения предусматривает циркуляцию одного и того же объема воздуха по замкнутому контуру: из камеры холодного воздуха с помощью вентиляторов на валу генератора воздух нагнетается в машину, охлаждает поверхность статора и ротора, попадает в камеру горячего воздуха, проходит через воздухоохладитель и вновь поступает в генератор. Для восполнения потерь воздуха за счет утечек предусматривается забор воздуха через масляные фильтры. Совершенствование системы воздушного охлаждения, применение многоструйного охлаждения позволили создать серию турбогенераторов ТФ мощностью от 3 до 180 МВт.

Водородное охлаждение косвенное турбогенераторов устроено по такой же схеме, как и воздушное.

Преимуществами применения водорода являются:

- большая теплопроводность;
- меньшая плотность;

– большой коэффициент теплоотдачи с поверхности.

Более эффективное охлаждение позволяет при тех же размерах увеличить мощность турбогенераторов на 15–20 %. Благодаря меньшей плотности водорода уменьшаются вентиляционные потери, в результате чего возрастает КПД на 0,8–1 %. Изоляция в среде водорода не окисляется, поэтому повышается срок службы изоляции обмоток.

Наличие водорода в системе охлаждения не избавляет от основного недостатка – взрывоопасности, поэтому дальнейшее совершенствование систем охлаждения турбогенераторов привело к системе, которую условно называют «три воды». В этой системе обмотки статора, ротора, магнитопровод и конструктивные части охлаждаются водой.

Непосредственное охлаждение обмотки статора маслом применено в турбогенераторе ТВМ. Охлаждение огнестойкой диэлектрической жидкостью позволяет применить для изоляции обмоток статора сравнительно дешевую бумажно-масляную изоляцию. Расходы на изоляцию обмоток таких генераторов в 4 раза меньше, чем в генераторах ТВВ и ТГВ такой же мощности.

Бумажно-масляная изоляция статорной обмотки позволяет повысить напряжение до 35–110 кВ, т. е. включать генератор в сеть без повышающих трансформаторов. В этой системе охлаждения не только обмотка статора, но и магнитопровод охлаждаются маслом, поэтому статор отделяется от ротора изоляционным газонепроницаемым цилиндром, рассчитанным на высокое давление и расположенным в зазоре между ротором и статором.

Были созданы опытные криогенные турбогенераторы мощностью в несколько тысяч кВт. В ближайшие годы будет построен промышленный криогенный агрегат на 300 тыс. кВт, а далее проектируются машины мощностью до 2 млн. кВт. Их отличительная особенность – полупроводниковый ротор, представляющий собой вращающийся криостат, где царят вакуум и температура в 4 °К; ее поддерживает непрерывный поток сжиженного гелия. Криогенная техника ляжет в основу будущих компактных и экономичных электрических машин.

Литература

1. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики / Г. Ф. Быстрицкий. – М. : ИНФРА-М, 2005. – 356 с.
2. Рыжкин, В. Я. Тепловые электрические станции / В. Я. Рыжкин. – М. : Энергия, 1976. – 241 с.
3. Свободная энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа : 21.11.2018.