

УДК 621.3

**Системы охлаждения генераторов**

Майстренко К. В.

Научный руководитель – ТЕТЕРИНА Л. В.

Во время работы в генераторе возникают потери энергии, превращающиеся в теплоту и нагревающие его элементы. Хотя КПД современных генераторов очень высок и относительные потери составляют всего 1,5–2,5 %, абсолютные потери достаточно велики (до 10 МВт в машине 800 МВт), что приводит к значительному повышению температуры активной стали, меди и изоляции [2].

Предельный нагрев генераторов лимитируется изоляцией обмоток статора и ротора, так как под воздействием теплоты происходит ухудшение ее электроизоляционных свойств и понижение механической прочности и эластичности. Изоляция высыхает, крошится и перестает выполнять свои функции. Опытным путем установлено, что процесс этого, так называемого старения изоляции протекает тем быстрее, чем выше ее температура. Изоляция должна работать при такой температуре, при длительном воздействии которой она сохранит свои изоляционные и механические свойства в течение времени, сравнимого со сроком службы генератора (или другого электрооборудования).

Для того чтобы температура генераторов во время их работы оставалась в допустимых пределах, необходим непрерывный интенсивный отвод теплоты от них, который и выполняется при помощи системы охлаждения. В качестве охлаждающей среды в современных генераторах применяют газы (воздух, водород) и жидкости (вода, масло).

Турбогенераторы выполняются с воздушным, водородным, водородно-жидкостным или чисто жидкостным охлаждением. Гидрогенераторы имеют воздушное или воздушно-жидкостное охлаждение. По способу отвода теплоты от меди обмоток системы охлаждения подразделяются на косвенные и непосредственные. При косвенном охлаждении охлаждающий газ не соприкасается с проводником обмоток, а теплота, выделяемая в них, передается газу через изоляцию, которая таким образом оказывается перегруженной в тепловом отношении и значительно ухудшает теплопередачу.

При непосредственном охлаждении водород, вода или масло (для воздуха непосредственная система применяется лишь в гидрогенераторах) циркулируют по внутриводниковым каналам и, соприкасаясь непосредственно с нагретой медью, отводят от нее теплоту при максимальной эффективности теплопередачи, так как между источником тепла и охлаждающей средой нет никаких барьеров. Большим преимуществом такой системы является также небольшая тепловая нагрузка изоляции [1].

Косвенное воздушное охлаждение ротора и статора применяется в турбогенераторах мощностью до 25 МВт и в гидрогенераторах до 250 МВт. Проточная система охлаждения применяется для генераторов небольшой мощности (до 2–4 МВ А). 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 3–180 МВт. Гидрогенераторы имеют значительно большую поверхность охлаждения, чем турбогенераторы, так как диаметр ротора у них в несколько раз больше. Это позволяет применять воздушное охлаждение для мощных гидрогенераторов, изображенных на рисунке 1.

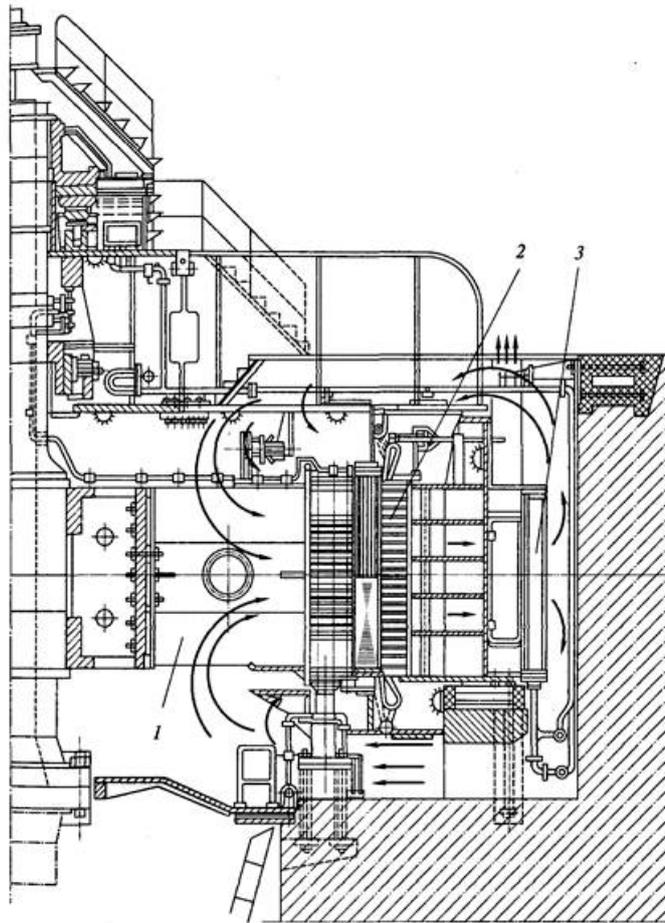


Рисунок 1 – Воздушное охлаждение ГГ мощностью 225 МВт  
1 – ротор; 2 – статор; 3 – воздухоохладитель

На рисунке 2 показана схема многоструйного водородного охлаждения. Преимуществами применения водорода являются: в 7 раз большая теплопроводность, в 14 раз меньшая плотность, в 1,44 раза больший коэффициент теплоотдачи с поверхности. Более эффективное охлаждение позволяет при тех же размерах увеличить мощность турбогенераторов на 15–20 %, а синхронных компенсаторов – на 30 %.

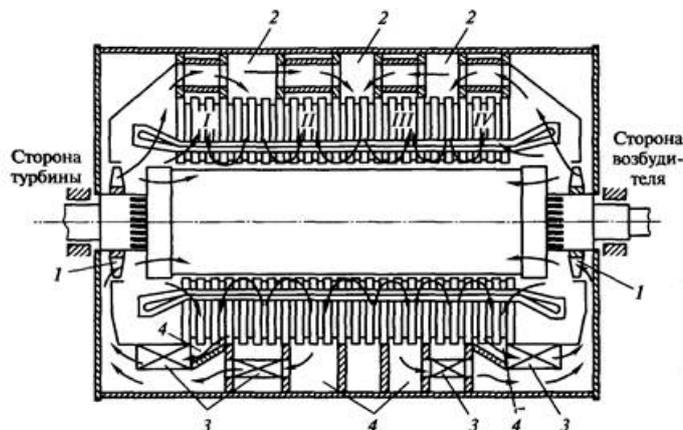


Рисунок 2 – Многоструйная система водородного охлаждения турбогенератора:

### Литература

1. Вольдек, А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек. – Л. : Энергия. 1978.

2. Костенко, М. П. Электрические машины. Специальная часть / М. П. Костенко. – М.-Л. : Госэнергоиздат, 1949.

3. Вольдек, А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы. Учебное пособие / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб. : Питер, 2008.