

УДК 528.526.6

**ВОДОРОДНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРА  
HYDROGEN COOLING OF THE TURBO GENERATOR**

Ф.Д. Башура

Научный руководитель – А.А. Бобич, к.т.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

F. Bashura

Supervisor – A. Bobich, Candidate of Technical Sciences, Docent  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Водородное охлаждение турбогенератора является одним из передовых методов охлаждения, применяемых в энергетической отрасли. В данном докладе рассматривается принцип работы системы водородного охлаждения, его преимущества по сравнению с традиционными охлаждающими средами, такими как вода или воздух, а также технические аспекты его применения. Исследования показывают, что водородное охлаждение способно обеспечить более эффективную работу турбогенератора, повышение его мощности и продлить срок его службы.

**Abstract:** Hydrogen cooling of a turbo generator is one of the advanced cooling methods used in the energy industry. This report examines the principle of operation of the hydrogen cooling system, its advantages over traditional cooling media such as water or air, as well as technical aspects of its application. Studies show that hydrogen cooling can provide more efficient operation of the turbo generator, increase its power and extend its service life.

**Ключевые слова:** водородное охлаждение, турбогенератор, энергетическая отрасль.

**Key words:** hydrogen cooling, turbo generator, energy industry.

**Введение**

Турбогенераторы играют важную роль в производстве электроэнергии и энергетической инфраструктуре. Один из главных вызовов, с которыми сталкиваются инженеры, – это обеспечение эффективного охлаждения турбогенераторов. Традиционные методы охлаждения, такие как охлаждение водой или воздухом, имеют свои ограничения, связанные с тепловыми характеристиками и плотностью охлаждающего потока. В этой связи, водородное охлаждение турбогенератора становится предметом все большего внимания исследователей и инженеров.

Водородное охлаждение основано на передаче тепла от горячих обмоток генератора к холодному водороду. Водород используется в качестве охлаждающей среды, которая циркулирует по системе, удаляя тепло и поддерживая оптимальную рабочую температуру обмоток. Применение водородного охлаждения позволяет повысить эффективность работы турбогенератора, поскольку водород обладает высокой теплопроводностью и низким тепловым сопротивлением. Это позволяет эффективно отводить тепло и

предотвращать перегрев обмоток, что ведет к повышению эффективности процесса преобразования энергии.

Одним из ключевых преимуществ водородного охлаждения является его способность снизить износ и повысить надежность турбогенератора. Водородная среда предотвращает коррозию и окисление обмоток, что способствует увеличению их срока службы. Кроме того, использование водорода позволяет снизить энергопотребление компрессоров, так как водород имеет низкую плотность и сопротивление гидродинамического трения. Это обеспечивает экономическую эффективность системы водородного охлаждения в долгосрочной перспективе.

В данном докладе мы рассмотрим принципы работы системы водородного охлаждения турбогенератора, его преимущества и технические аспекты применения. Обсуждение этих факторов поможет нам лучше понять потенциал водородного охлаждения и его влияние на повышение эффективности энергетической отрасли.

### **Основная часть**

Внутреннее охлаждение ротора турбогенератора является важным аспектом его работы и обеспечивает оптимальные условия эксплуатации. Для этой цели применяются различные методы и системы, обеспечивающие эффективное охлаждение и предотвращающие перегрев обмоток ротора.

Первый способ - это аксиальное охлаждение. В этом случае проводники обмотки ротора имеют корытообразную форму и образуют прямоугольные вентиляционные каналы. Охлаждающий газ поступает в эти каналы, эффективно охлаждая проводники. Второй способ - это охлаждение с использованием косых вентиляционных каналов. При этом охлаждающий газ забирается из зазора машины и проходит через косые вентиляционные каналы в пазу ротора, а затем выбрасывается обратно в зазор. Оба способа обеспечивают эффективное охлаждение проводников обмотки ротора, предотвращая их перегрев.

Для поддержания оптимальных условий охлаждения ротора необходимо контролировать давление охлаждающего газа в корпусе. Обычно давление поддерживается в пределах от 2 до 3 кгс/см<sup>2</sup> (0,2–0,3 МПа). Это важно для обеспечения надежной работы системы охлаждения и предотвращения возможных проблем, связанных с избытком или недостатком давления.

Важно отметить, что генераторы с внутренним водородным охлаждением не могут работать на воздушном охлаждении, так как охлаждение водородом является оптимальным для их работы. Поэтому при обнаружении утечек водорода, необходимо аварийно разгрузить и отключить генератор от сети.

Помимо водородного охлаждения, применяется также внутреннее жидкостное охлаждение генератора. Для этого используется дистиллированная вода или трансформаторное масло, которые обладают высокой теплоотводящей способностью. Вода или масло циркулируют по обмотке статора, эффективно охлаждая проводники. Дистиллированная вода обычно предпочтительнее, так как она обладает лучшими теплоотводящими свойствами, пожаробезопасностью и сохраняет обычную изоляцию обмоток.

Охлаждение ротора турбогенератора с использованием воды представляет некоторые технические сложности, особенно в части подачи воды к вращающемуся ротору. Однако современные разработки и оптимизация систем охлаждения позволяют эффективно решать эти проблемы, обеспечивая надежное функционирование генераторов различных мощностей.

### **Заключение**

Водородное охлаждение турбогенератора является перспективным направлением развития в области энергетической техники. Оно позволяет повысить эффективность работы турбогенератора, снизить износ и повысить надежность его работы. Однако необходимо учитывать технические и безопасные аспекты при проектировании и эксплуатации системы водородного охлаждения. Дальнейшие исследования и разработки в этой области будут способствовать развитию энергетической инфраструктуры и повышению эффективности производства электроэнергии.

### **Литература**

1. Электрооборудование тэс - системы охлаждения турбогенераторов [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: <https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/elektrooborudovanie-tes/Page-6.html?ysclid=lk8qtm2mch788341186> – Дата доступа: 13.08.2023
2. Системы охлаждения [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: [https://studopedia.ru/5\\_76383\\_sistemi-ohlazhdeniya.html](https://studopedia.ru/5_76383_sistemi-ohlazhdeniya.html) – Дата доступа: 13.08.2023
3. Для чего водородное охлаждение генераторов [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: <https://dmsht.ru/dlya-chego-vodorodnoe-ohlazhdenie-generatorov-2/?ysclid=lk8r3bmhen277501836> – Дата доступа: 13.08.2023
4. Системы охлаждения генераторов [Электронный ресурс]/ – Режим доступа: [https://gigavat.com/generator\\_sistemi\\_ohlaghdeniya.php?ysclid=lk8r2p8bff671834973](https://gigavat.com/generator_sistemi_ohlaghdeniya.php?ysclid=lk8r2p8bff671834973) – Дата доступа: 13.08.2023