

КПД одноконтурного энергоблока с гелийохлаждаемым реактором в комплексе с установкой генерации водорода по технологии высокотемпературного электролиза водородным комплексом может достигать 45 %.

В дальнейшем планируется провести анализ влияния изменения потерь давления в регенераторе на характеристики энергоблока. Для окончательного выбора значений управляемых параметров необходимо учесть стоимостные показатели и провести технико-экономические расчеты по критериям приведенных затрат или чистого дисконтированного дохода.

#### **Экономический эффект**

К 2030 г. ожидается падение стоимости электролизеров на 30–40 %, что сделает электролиз на АЭС перспективной технологией для развития в России: минимальные выбросы при относительно невысокой цене. Плановые показатели экспорта водорода из РФ к 2035 году: 2–12 млн.т [3]. Возможности производства водорода данной установкой, следующие: из 17 кг высокопотенциального пара мы получаем примерно 1,5 кг водорода пищевого качества.

Средняя стоимость 1 кг водорода, произведенного методом высокотемпературного электролиза на рынке: 2,5 доллара США [4]. Так как в час установка производит примерно 50760 кг пара, соответственно 4478 кг водорода мы можем получить. В денежных единицах: 11197 долларов США.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. <https://minenergo.gov.ru/sites/default/files/documents/11/10/1920/document-66308.pdf?ysclid=laz95usaff150745693>
2. Паровые и газовые турбины для электростанций [Электронный ресурс]: учебник для вузов / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний ; под ред. А.Г. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. — Загл. с тит. экрана.
3. otsenka-ekonomicheskoy-effektivnosti-masshtabov-polucheniya-vodoroda-razlichnymi-metodami (2).pdf

Научный руководитель: доцент, к.т.н. А.М. Антонова, доцент НОЦ И.Н.Бутакова ИШЭ ТПУ.

## **СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ МОЩНОСТЬЮ ДО 110 МВт**

Г.С. Кузяков<sup>1</sup>, Н.М. Космынина<sup>2</sup>  
Томский политехнический университет  
ИШЭ, группа 5А91<sup>1</sup>, ОЭЭ<sup>2</sup>

Турбогенераторы – преобладающий вид генерирующего оборудования, на долю которого приходится около 80 % от мирового объема производства электроэнергии. Это один из сложнейших видов электрических машин, в которых решаются взаимосвязанные проблемы мощности, размеров, характеристик, нагрева охлаждения и прочности устройства. Несмотря на то, что технологии развиваются и потери становятся все меньше, проблема нагревания частей электрооборудования остается актуальной. На рисунке 1 показана установка одного из турбогенераторов, изготовленным НПО «Элсиб» в машинном зале электростанции [1].

Охлаждение можно производить воздухом, водородом, водой, маслом. Отвод теплоты может осуществляться от проводников обмотки по каналам, расположенным внутри пазов, или косвенно от поверхности ротора и статора. То есть при непосредственном охлаждении охлаждающая среда соприкасается с проводниками обмоток, а при косвенном – нет. Эти системы охлаждения имеют условное буквенное обозначение, применяемое в паспортных данных генераторов [2].



Рис. 1. Турбогенератор типа ТВФ-110

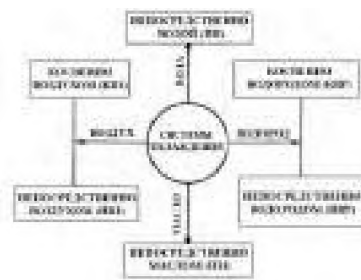


Рис. 2. Системы охлаждения генераторов

Проведя анализ охлаждающих сред можно сделать вывод, что у каждой из сред есть как свои преимущества, так и недостатки. Например, водородная среда имеет в 1,51 раз больший коэффициент теплопередачи, чем воздушная, а её теплопроводность больше в 7 раз. Но в то же время водород, смешиваясь с воздухом в генераторе может образовывать взрывоопасную смесь. Из этого следует, что для применения водородного охлаждения требуется высокая газоплотность корпуса, что увеличивает экономические затраты. В генераторах с жидкостным охлаждением используют дистиллированную воду, либо масло. Их теплоотводящая способность выше, чем у водорода, что позволяет увеличить мощность не увеличивая размеры.

Анализ систем охлаждения турбогенераторов до 110 МВт, находящихся в эксплуатации, приведен в таблице 1 [3, 4].

Таблица 1. Охлаждение частей турбогенератора

Тип турбогенератора	Система охлаждения
Т-6-2У3	воздушное
Т-12-2У3	воздушное
Т-20-2У3	воздушное
ТВС-32У3	водородное
ТВС-32Т3	водородное
ТВФ-63-2ЕУ3	водородное
ТВФ-63-2У3	водородное
ТВФ-63-2У3	водородное
ТВФ-110-2ЕУ3	водородное

Из приведенных данных можно сделать следующий вывод: В настоящее время в России на долю турбогенераторов мощностью до 110 МВт приходится около 60 % от общего количества. Водородное и водо-водородное охлаждение, которое имеет значительные преимущества, на практике уступает турбогенераторам с полным воздушным охлаждением, ввиду сравнительно небольших экономических затрат и простоте в эксплуатации, а также низкой пожароопасности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. НПО «ЭЛСИБ» ПАО // url: <https://elsib.ru/ru/turbogenerator/> (дата обращения 10.11.2022)
2. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: учеб. пособие/ Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – 5-е изд., стер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 608 с.
3. Электрооборудование электрических станций и подстанций.: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / Л.Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – 10-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 448 с.
4. «Каталоги и справочники по электротехнике» 01.01.2010 г. / Информэлектро. – Москва, 2010. – 199 с

Научный руководитель: доцент, к.т.н. Н.М. Космынина, доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ.