ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55260.2.1— 2012

Гидроэлектростанции

Часть 2-1

ГИДРОГЕНЕРАТОРЫ

Технические требования к поставке

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2015

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт энергетических сооружений» (ОАО «НИИЭС»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 330 «Процессы, оборудование и энергетические системы на основе возобновляемых источников энергии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 ноября 2012 г. № 1357-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2015

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 3
4 Обозначения и сокращения . . . 6
5 Основные требования и положения . . . 6
5.1 Природные условия расположения объекта . . . 6
5.2 Основные характеристики ГЭС . . . 7
5.3 Требования к параметрам гидрогенератора . . . 7
5.4 Требования к конструкции гидрогенератора и его технологическим системам . . . 11
5.5 Требования к системе возбуждения гидрогенератора . . . 15
5.6 Требования надежности . . . 22
5.7 Требования ремонтопригодности . . . 22
5.8 Требования безопасности и охраны труда . . . 23
5.9 Эргономические и эстетические требования . . . 23
5.10 Требования по монтажу и эксплуатации . . . 23
5.11 Требования к маркировке, упаковке транспортированию и хранению . . . 24
6 Комплектность поставки . . . 26
7 Документация, передаваемая заказчику . . . 27
8 Порядок приемки и контроля . . . 27
9 Гарантии изготовителя . . . 29
10 Оценка соответствия . . . 29
Приложение А (справочное) Структура условного обозначения гидрогенератора . . . 31
Приложение Б (обязательное) Допустимые перегрузки гидрогенератора по току статора . . . 32
Приложение В (обязательное) Количество и места установки термопреобразователей сопротивления и манометрических термометров в системе теплоконтроля гидрогенератора . . . 33
Приложение Г (обязательное) Перечень аппаратуры контроля и управления гидрогенератора . . . 34
Приложение Д (обязательное) Требования к конструкциям гидрогенераторов и их технологическим системам . . . 36
Библиография . . . 40

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с требованиями Федерального закона от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Настоящий стандарт является нормативным техническим документом и предназначен для реализации современных требований технического регулирования в процессе заказа (выбора поставщика), разработки, изготовления и приемки в эксплуатацию гидрогенераторов.

Необходимые изменения, вызванные вводом в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих требования, не учтенные в данном стандарта, а также введение новых требований и рекомендаций, обусловленных развитием новой техники, должны быть внесены в настоящий стандарт в соответствии с законодательством Российской Федерации.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Гидроэлектростанции

Часть 2-1

ГИДРОГЕНЕРАТОРЫ

Технические требования к поставке

Hydro power plants. Part 2-1. Hydrotreaters. Procurement specification

Дата введения — 2014—07—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает требования и нормы к условиям поставки гидрогенераторов для гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций.

1.2 Требования и нормы стандарта должны реализоваться при заказе и изготовлении гидрогенераторов, их приемке от изготовителя (поставщика) в целях обеспечения эффективной, надежной и безопасной эксплуатации поставляемого оборудования.

1.3 Требования и нормы настоящего стандарта распространяются на следующее оборудование гидроэлектростанций:

- трехфазные синхронные явнополюсные вертикальные гидрогенераторы с воздушной и водяной системами охлаждения, предназначенные для соединения с гидравлическими турбинами;
- генераторы-двигатели частотой 50 Гц, предназначенные для соединения с гидравлическими обратимыми насосами-турбинами;
- основные технологические системы (система возбуждения, охлаждения, маслоснабжения, торможения) гидрогенераторов.

1.4 Настоящий стандарт предназначен для формирования гидрогенерирующими компаниями и эксплуатирующими организациями технических требований (технического задания) при организации заказов и поставок гидрогенераторов и генераторов-двигателей для электростанций.

1.5 Настоящий стандарт определяет состав и порядок работ при проведении испытаний и приемке оборудования согласно 1.3 в эксплуатацию, минимально необходимых для оценки соответствия поставляемого оборудования техническим требованиям, а также для принятия решений о проведении дополнительных натурных испытаний по специальным программам.

1.6 Настоящий стандарт устанавливает основные требования и не учитывает все возможные особенности применения этих требований для каждого конкретного заказа или поставки оборудования, а также для отдельных гидроэлектростанций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.601—2006 Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы

ГОСТ 4.167—85 Система показателей качества продукции. Машины электрические вращающиеся крупные свыше 355 габарита. Номенклатура показателей

ГОСТ 12.0.003—83 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация

ГОСТ 12.1.003—83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

Издание официальное

ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.007.1—75 Система стандартов безопасности труда. Машины электрические вращающиеся. Требования безопасности

ГОСТ 12.2.049 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие эргономические требования

ГОСТ 12.3.019—80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 15.005—86 Система разработки и постановки продукции на производство. Создание изделий единичного и мелкосерийного производства, собираемых на месте эксплуатации

ГОСТ 27.002—2009 Надежность в технике. Термины и определения

ГОСТ 5616—89 Генераторы и генераторы-двигатели электрические гидротурбинные. Общие технические условия

ГОСТ 8865—93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация

ГОСТ 9972—74 Масла нефтяные турбинные с присадками. Технические условия

ГОСТ 10169—77 Машины электрические трехфазные синхронные. Методы испытаний

ГОСТ 11828—86 Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний

ГОСТ 15150—69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействий климатических факторов внешней среды

ГОСТ 16772—77 Трансформаторы и реакторы преобразовательные. Общие технические условия

ГОСТ 17494—87 Машины электрические вращающиеся. Классификация степеней защиты, обеспечиваемых оболочками вращающихся электрических машин

ГОСТ 17516.1—90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам

ГОСТ 18620—86 Изделия электротехнические. Маркировка

ГОСТ 21130—75 Изделия электротехнические. Зажимы заземляющие и знаки заземления. Конструкция и размеры

ГОСТ 21558—2000 Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия

ГОСТ 23216—78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний

ГОСТ 26772—85 Машины электрические вращающиеся. Обозначение выводов и направление вращения

ГОСТ 27471—87 Машины электрические вращающиеся. Термины и определения

ГОСТ 30546.1—98 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости

ГОСТ Р 12.4.026—2001 Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний

ГОСТ Р 50746—2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний

ГОСТ Р 51317.4.1—2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний

ГОСТ Р 52776—2007 (МЭК 60034-1—2004) Машины электрические вращающиеся. Номинальные данные и характеристики

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, ГОСТ 27471, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **возбудитель:** Устройство, являющееся составной частью системы возбуждения, предназначенное для питания постоянным током обмотки возбуждения гидрогенератора и представляющее собой электрическую машину постоянного тока либо полупроводниковый преобразователь в комплексе с источником питания переменного тока.

Примечание — Источником питания переменного тока могут быть электрическая машина переменного тока, трансформатор или совокупность ряда различных трансформаторов либо дополнительная обмотка переменного тока в возбуждаемой машине, а также различные сочетания выше указанных источников питания.

3.2 **возбуждение вращающейся электрической машины:** Создание магнитного потока во вращающейся электрической машине током в какой-либо из ее обмоток или постоянными магнитами.

3.3 **гашение поля:** Принудительное монотонное или колебательное снижение до нуля тока возбуждения гидрогенератора.

3.4 **генеральный проектировщик:** Проектная организация, ответственная за выполнение комплекса проектных и изыскательских работ по проектируемому объекту на основании договора с заказчиком.

3.5 **гидравлическая турбина** (гидротурбина): Турбина, в которой в качестве рабочего тела используется вода.

3.6 **гидроагрегат:** Агрегат, состоящий из гидравлической турбины и электрического гидрогенератора.

3.7 **гидрогенератор:** Синхронный генератор, приводимый во вращение гидравлической турбиной.

3.8 **гидроэлектростанция;** ГЭС: Электростанция, преобразующая механическую энергию потока воды в электрическую энергию.

3.9 **заказчик:** Лицо, являющееся стороной в договоре на оказание услуг и имеющее право требования по такому договору (не обязательно являющееся потребителем услуг).

3.10 **здание ГЭС:** Сооружение, подземная выработка или помещение в плотине, в которых устанавливается гидросиловое, электротехническое и вспомогательное оборудование ГЭС.

3.11 **изготовитель:** Организация независимо от формы собственности, а также индивидуальный предприниматель, производящие товары для реализации потребителям (в целях настоящего стандарта — изготовитель гидрогенератора).

3.12 **испытания:** Экспериментальное определение количественных и (или) качественных свойств объекта испытаний как результата воздействия на него при его функционировании, моделировании объекта и (или) воздействий.

Примечание — Определение включает в себя оценивание и (или) контроль.

3.13 **индуктор синхронной машины:** Статор или ротор синхронной машины, на котором размещены постоянные магниты или обмотка возбуждения.

3.14 **колесо рабочее гидравлической турбины:** Рабочий орган гидравлической турбины, преобразующий энергию потока в механическую.

3.15 **кратность форсировки возбуждения по напряжению:** Потолочное установившееся напряжение системы возбуждения гидрогенератора, выраженное в долях номинального напряжения возбуждения.

3.16 **кратность форсировки возбуждения по току:** Потолочный ток системы возбуждения гидрогенератора, выраженный в долях номинального тока возбуждения.

3.17 **маховой момент инерции ротора:** Сумма произведений масс всех частиц ротора на квадраты диаметров их вращения.

3.18 **момент инерции (динамический момент инерции) ротора:** Сумма произведений масс всех частиц ротора на квадраты расстояний от оси его вращения.

3.19 **направление вращения правое:** Направление вращения по часовой стрелке вращающейся электрической машины с односторонним приводом, определяемое со стороны присоединения к первичному двигателю или рабочему механизму.

3.20 **недовозбуждение синхронной машины:** Режим работы синхронной машины, при котором магнитный поток, создаваемый продольной составляющей магнитодвижущей силы обмотки якоря, совпадает по направлению с потоком обмотки возбуждения.

3.21 **номинальное значение параметра:** Значение параметра, определяемое его функциональным назначением и служащее началом отсчета отклонений.

3.22 **обмотка вращающейся электрической машин:** Совокупность витков или катушек, образующих электрическую цепь или часть цепи во вращающейся электрической машине.

3.23 **обмотка вращающейся электрической машины успокоительная:** Обмотка вращающейся электрической машины, обычно короткозамкнутая, предназначенная для успокоения быстрых изменений сцепленного с ней потока.

3.24 **отношение короткого замыкания:** Отношение тока возбуждения синхронной машины, соответствующего ее номинальному напряжению при холостом ходе, к току возбуждения при трехфазном коротком замыкании с номинальным током в обмотке якоря.

3.25 **паспорт изделия:** Эксплуатационный документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия.

3.26 **перевозбуждение синхронной машины:** Режим работы синхронной машины, при котором магнитный поток, создаваемый продольной составляющей магнитодвижущей силы обмотки якоря, направлен навстречу потоку обмотки возбуждения.

3.27 **перегружаемость статической синхронной машины:** Отношение максимально-возможного значения активной мощности при условии сохранения статической устойчивости к величине ее номинального значения.

3.28 **поставщик:** Организация, предоставляющая продукт потребителю.

3.29 **постоянная времени синхронной машины по продольной оси при разомкнутой обмотке якоря переходная:** Электромагнитная постоянная времени, определяемая параметрами обмотки возбуждения синхронной машины по поперечной оси.

3.30 **превышение температуры вращающейся электрической машины:** Разность между температурой какой-либо части вращающейся электрической машины и температурой окружающей среды.

3.31 **рабочая конструкторская документация:** Конструкторская документация, разработанная на основе технического задания или проектной конструкторской документации и предназначенная для обеспечения изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия; совокупность конструкторских документов, предназначенных для изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия.

3.32 **развозбуждение:** Принудительное снижение тока возбуждения гидрогенератора до заданного значения.

3.33 **расфорсировка возбуждения:** Принудительное снижение напряжения и тока возбуждения гидрогенератора от потолочного значения до заданного.

3.34 **ротор:** Вращающаяся часть электрической машины.

3.35 **самосинхронизация:** Синхронизация, при которой машина, вращающаяся с частотой, близкой к синхронной, после включения ее в сеть и подаче постоянного тока в обмотку возбуждения сама входит в синхронизм.

3.36 **синхронизация синхронной машины:** Процесс, при котором синхронная машина приводится к синхронной и синфазной работе с другой, механически не связанной с нею, синхронной машиной или сетью.

3.37 **система возбуждения:** Комплекс оборудования, устройств, аппаратов и сборочных единиц, предназначенных для возбуждения автоматически регулируемым током гидрогенераторов в нормальных и аварийных режимах.

3.38 **система возбуждения независимая:** Система возбуждения гидрогенератора, в которой возбудитель получает энергию от источника, не связанного с напряжением и током статора возбуждаемой синхронной машины или сети, на которую она работает.

3.39 **система самовозбуждения параллельная:** Система самовозбуждения гидрогенератора, в которой источником энергии является напряжение статора возбуждаемой синхронной машины или сети, на которую она работает.

3.40 **система возбуждения статическая:** Система возбуждения гидрогенератора, в состав которой входят только статические источники энергии и статические преобразователи переменного тока в постоянный.

3.41 **сопротивление нулевой последовательности синхронной машины полное:** Отношение напряжения основной гармоники нулевой последовательности в обмотке якоря синхронной машины к току нулевой последовательности той же частоты в той же обмотке.

3.42 **сопротивление по поперечной оси индуктивное сверхпереходное:** Отношение начального значения основной гармоники электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины полным магнитным потоком, обусловленным составляющей тока в этой обмотке по поперечной оси, к начальному значению этой составляющей тока при ее внезапном изменении, наличии успокоительных контуров по поперечной оси и синхронной частоте вращения.

3.43 **сопротивление по поперечной оси индуктивное синхронное:** Отношение установившегося значения основной гармоники электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины полным магнитным потоком, обусловленным составляющей тока в этой обмотке по поперечной оси, к этой составляющей тока при синхронной частоте вращения.

3.44 **сопротивление по продольной оси индуктивное переходное:** Отношение начального значения основной гармоники электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины полным магнитным потоком, обусловленным составляющей тока в этой обмотке по продольной оси, к начальному значению этой составляющей тока при ее внезапном изменении, отсутствии успокоительных контуров, наличии замкнутой обмотки возбуждения по продольной оси и синхронной частоте вращения.

3.45 **сопротивление по продольной оси индуктивное сверхпереходное:** Отношение начального значения основной гармоники электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины полным магнитным потоком, обусловленным составляющей тока в этой обмотке по продольной оси, к начальному значению этой составляющей тока при ее внезапном изменении, наличии успокоительных контуров по продольной оси и синхронной частоте вращения.

3.46 **сопротивление по продольной оси индуктивное синхронное:** Отношение установившегося значения основной гармоники электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины полным потоком, обусловленным составляющей тока в этой обмотке по продольной оси, к этой составляющей тока при синхронной частоте вращения.

3.47 **сопротивление рассеяния индуктивное:** Отношение электродвижущей силы, индуктируемой в обмотке якоря синхронной машины магнитным потоком рассеяния, обусловленным током в ней, к этому току.

3.48 **сопротивление синхронное полное:** Отношение векторной разности между электродвижущей силой и напряжением на выводах обмотки якоря синхронной машины к току этой обмотки в установившемся режиме.

3.49 **срок службы:** Календарная продолжительность эксплуатации от начала эксплуатации объекта или ее возобновления после ремонта до его перехода в предельное состояние.

3.50 **статор вращающейся электрической машины:** Часть электрической машины, включающая неподвижный магнитопровод с обмоткой.

3.51 **техническая документация:** Совокупность документов, необходимая и достаточная для непосредственного использования на каждой стадии жизненного цикла продукции.

3.52 **техническая характеристика:** Величина, отражающая функциональные, геометрические, деформационные, прочностные и др. свойства конструкции и (или) материалов.

3.53 **технический контроль:** Осмотры, измерения и обследования, осуществляемые на регулярной основе в целях оценки технического состояния и безопасности эксплуатации объекта.

3.54 **техническое обслуживание:** Комплекс мероприятий по инженерному надзору за состоянием объекта и своевременному устранению выявляемых дефектов, повреждений конструкций и отклонений от проектного режима их эксплуатации; техническое обслуживание предусматривает проведение систематических наблюдений за объектами контроля и ремонтно-восстановительных работ.

3.55 **точная синхронизация синхронной машины:** Синхронизация, при которой напряжение, частота и фаза регулируются так, чтобы они были как можно ближе к соответствующим значениям питающей сети или машины, с которой осуществляется синхронизация.

3.56 **турбина гидравлическая:** Турбина, в которой в качестве рабочего тела используется вода.

3.57 **устойчивость термическая ротора:** Величина, характеризующая способность гидрогенератора кратковременно выдерживать несимметричные короткие замыкания, численно равная квадрату действующего тока обратной последовательности в относительных единицах на допустимую длительность короткого замыкания в секундах.

3.58 **форсировка возбуждения:** Переход системы возбуждения в режим выдачи максимального напряжения и тока возбуждения гидрогенератора.

3.59 **частота вращения синхронная** (номинальная частота): Частота вращения ротора вращающейся машины переменного тока, равная частоте вращения магнитного поля, определяемого частотой сети и числом ее полюсов.

3.60 **частота вращения угонная:** Максимальная частота вращения, достигаемая вращающейся электрической машиной при отсутствии нагрузки и номинальном напряжении.

3.61 **шефмонтаж:** Техническое руководство (консультирование, координация работ, надзор за их выполнением), осуществляемое специалистами поставщика при выполнении монтажных работ специалистами заказчика.

4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

GD^2 — маховой момент генератора;

$P_{ном}$ — мощность номинальная;

T_{d_0} — постоянная времени синхронной машины по продольной оси при разомкнутой обмотке якоря переходная;

U_H — напряжение;

W_n — перегружаемость статическая;

$x''q$ — сверхпереходное индуктивное сопротивление по поперечной оси;

$x''d$ — сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси;

xq — синхронное индуктивное сопротивление по поперечной оси;

xd — синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси;

$x'd$ — переходное индуктивное сопротивление по продольной оси;

I_2^2t — устойчивость термическая ротора;

n — частота вращения синхронная.

4.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АРВ — автоматический регулятор возбуждения;

АСУ ТП — автоматизированная система управления технологическим процессом;

БДУ — блок дистанционного управления;

ВГ — вспомогательный генератор;

ГАЭС — гидроаккумулирующая электростанция;

ГГ — главный генератор;

ГЭС — гидроэлектростанция;

ЗИП — запасные инструменты и принадлежности;

ЙОТ — интенсивность отказа тиристора;

КПД — коэффициент полезного действия;

КРУ — комплектное распределительное устройство;

ОКЗ — отношение короткого замыкания;

о. е. — относительные единицы;

ОТК — отдел технического контроля;

ПЗ — проектное землетрясение;

ПИ — пропорционально-интегральный;

ПИД — пропорционально-интегрально-дифференциальный;

СВ-ВГ — система возбуждения вспомогательного генератора;

СВ-ГГ — система возбуждения главного генератора;

СУР — система управления и регулирования;

УЗО — устройство защитного отключения;

ЦПУ — центральный пульт управления;

ЭМП — эластичное металлопластмассовое покрытие;

IGBT — силовые модули на основе биполярных транзисторов;

RC-цепи — активно-емкостные цепи.

5 Основные требования и положения

5.1 Природные условия расположения объекта

5.1.1 При выдвижении требований к поставке генераторов (конкурсной или тендерной документации) с учетом требований ГОСТ Р 52776 заказчик должен предоставить исходную информацию, на основании которой участники торгов должны будут внести свои предложения, а изготовитель — составить

проект, изготовить, испытывать и выбирать условия транспортирования, учитывая сейсмические характеристики района строительства ГЭС (ГАЭС) и другие необходимые данные, такие как:

а) местонахождение объекта;

б) район строительства ГЭС (ГАЭС);

в) климат района;

г) среднегодовую температуру воздуха:

1) самого холодного месяца, °С;

2) самого теплого месяца, °С;

3) абсолютный максимум температуры воздуха, С;

4) абсолютный минимум температуры воздуха, °С;

д) средняя температура воды в водохранилище в летний период, С;

е) среднегодовая скорость ветра, м/с;

ж) химический состав воды в реке;

и) содержание взвеси, г/м^3;

к) расчетная сейсмичность ПЗ района строительства ГЭС по шкале MSK-64, баллы.

5.1.2 Подрядчик несет ответственность за правильность применения 5.1.1.

5.2 Основные характеристики ГЭС

Требования к поставке генераторов (конкурсная или тендерная документация) должны быть составлены с учетом требований, предъявляемых к конкретным условиям и характеристикам строящейся (реконструируемой) ГЭС (ГАЭС), и требований ГОСТ Р 52776 с указанием следующих данных:

а) наименование ГЭС;

б) наименование реки (канала), на которой расположена ГЭС;

в) установленная мощность ГЭС, МВт;

г) среднегодовая выработка энергии, млн. кВт · ч;

д) количество агрегатов, шт.;

е) тип здания ГЭС (русловое, совмещенное, приплотинное, подземное, с закрытым (открытым) машинным залом);

ж) температура воздуха в здании ГЭС в местах установки гидрогенераторного оборудования, плюс °С

1) максимальная температура воздуха в машинном зале, °С;

2) минимальная температура воздуха в машинном зале, °С;

и) отметка расположения гидрогенератора над уровнем моря (пол машинного зала), м;

к) нулевая отметка (нижней плоскости фундамента), м;

л) отметка монтажной площадки над уровнем моря, м;

м) запыленность охлаждающего воздуха не более, г/м^3;

н) максимальная температура технической охлаждающей воды, °С;

п) тип гидротурбины (осевая, радиально-осевая, диагональная, ковшовая, насос-турбина);

р) размеры подгенераторной шахты, м;

с) режим работы ГЭС (базовый, пиковый, полупиковый);

т) схема выдачи мощности;

у) схема присоединения генератора к повышающему трансформатору (к сборным шинам генераторного напряжения, укрупненному блоку и т. д.);

ф) параметры повышающего трансформатора (тип, напряжение короткого замыкания);

х) гидрогенератор и его технологические системы должны обеспечивать работу агрегата без постоянного обслуживающего персонала (необходимо отметить да/нет).

5.3 Требования к параметрам гидрогенератора

5.3.1 Гидрогенератор должен иметь основные параметры в таблице 5.1.

Т а б л и ц а 5.1 — Параметры гидрогенератора

Наименование параметра гидрогенератора	Значение параметра
1 Тип гидрогенератора (см. приложение А)	Вертикальный синхронный генератор-двигатель (для ГАЭС)
2 Мощность номинальная, кВА/кВт	В соответствии с типом и параметрами гидротурбины

Продолжение таблицы 5.1

Наименование параметра гидрогенератора	Значение параметра
3 Напряжение номинальное для генератора номинальной мощностью, кВ: - 5—6 МВА; - 10—25 МВА; - 25—50 МВА; - 50—150 МВА; - 150—500 МВА; - 500 МВА и более	 6,3 6,3—10,5 10,5—13,8 13,8—15,75 15,75—18,0 18,0—20,0
4 Коэффициент мощности для генератора номинальной мощностью, о. е.: - 125 МВА и ниже; - от 125 до 360 МВА; - более 360 МВА	 0,85 0,85—0,9 0,9
5 Частота номинальная электрического тока, Гц	50
6 Направление вращения по ГОСТ 27471-87 (если смотреть со стороны турбины)	(Как правило, левое)
7 Частота вращения, об/мин: - номинальная; - угонная	Определяется изготовителем гидротурбины
8 Относительное повышение частоты вращения ротора агрегата при сбросе номинальной нагрузки, %	Не более 160 (подтверждается изготовителем гидротурбины)
9 Ток возбуждения номинальный, А Ток возбуждения при коротком замыкании и номинальном токе статора, А Ток возбуждения при холостом ходе, А	Определяются изготовителем гидрогенератора
10 Кратность пусковых токов в двигательном режиме, о. е.	
11 Напряжение возбуждения номинальное, В	
12 Кратность форсировки возбуждения по напряжению и току, о. е.	Определяется заказчиком (генеральным проектировщиком ГЭС)
13 Нагрузка осевая на подпятник от турбины (гидравлическое усилие и масса вращающихся частей), кН (тс)	Определяется изготовителем гидротурбины
14 Маховой момент GD_2, тм^2, не менее	Определяется изготовителем гидрогенератора, согласовывается с изготовителем гидротурбины
15 Класс изоляции по ГОСТ 8865: - статора; - ротора	(Не ниже класса F) (Не ниже класса F) Определяется изготовителем генератора, согласовывается заказчиком
16 Синхронное индуктивное сопротивление по продольной оси *xd*, %	Определяется изготовителем гидрогенератора из условия создания его оптимальной конструкции при отсутствии специальных требований по условиям устойчивости работы энергосистемы и условию исключения процесса самовозбуждения гидрогенератора при работе на холостую линию
17 Синхронное индуктивное сопротивление по поперечной оси *xq*, %	
18 Переходное индуктивное сопротивление по продольной оси *x'd*, %	
19 Сверхпереходное индуктивное сопротивление по продольной оси *x"d*, %	
20 Сверхпереходное индуктивное сопротивление по поперечной оси *x"q*, %	

Продолжение таблицы 5.1

Наименование параметра гидрогенератора	Значение параметра
21 Отношение короткого замыкания ОКЗ, о. е.	Определяются изготовителем гидрогенератора
22 Постоянная времени синхронной машины по продольной оси при разомкнутой обмотке якоря переходная T_{d0}, с	
23 Статическая перегружаемость $W_{п}$, о. е.	Не менее 1,5
24 Термическая устойчивость ротора, с: - при косвенном воздушном охлаждении; - при форсированном воздушном и непосредственном водяном охлаждении	 40 20
25 КПД гидрогенератора, %, не менее: - мощность от 10 до 25 МВА при частоте вращения, об/мин: 50—93,76; 100—187,5; 200—300; 333,3—600 - мощность от 25 до 50 МВА при частоте вращения, об/мин: 50—93,76; 100—187,5; 200—300; 333,3—600 - мощность от 50 до 100 МВА при частоте вращения, об/мин: 50—93,76 100—187,5 200—300 333,3—600 - мощность от 100 до 250 МВА при частоте вращения, об/мин: 50—93,76 100—187,5 200—300 333,3—600 - мощность свыше 250 МВА при частоте вращения, об/мин: 50—93,76 100—187,5 200—300 333,3—600	 95,9—96,6 96,0—96,7 95,8—96,4 96,1—96,3 96,6—97,3 96,7—97,3 96,4—97,2 96,5—97,0 97,3—98,0 98,0—98,2 97,2—97,7 97,0—97,6 98,0—98,3 98,2—98,6 97,7—98,4 97,6—98,4 98,3—98,7 98,6—98,9 98,2—98,5 более 98,5
26 Параметры, определяемые особенностями режимов работы ГЭС (ГАЭС) в энергосистеме: а) работа в режиме СК предусматривается (необходимо отметить да/нет) б) наибольшая емкостная нагрузка гидрогенератора, квар в) допустимая длительность наибольшей емкостной нагрузки (если есть ограничение), с г) наибольшая индуктивная нагрузка при номинальном токе возбуждения, квар д) количество пусков в год, не менее: 1) для гидрогенератора; 2) для генератора-двигателя	Определяется заказчиком (генеральным проектировщиком) и согласовывается с изготовителем гидрогенератора 700 1400

Окончание таблицы 5.1

Наименование параметра гидрогенератора	Значение параметра
е) способ включения генератора в сеть: 1) в нормальных эксплуатационных режимах; 2) в аварийных режимах	 Точная синхронизация самосинхронизация
ж) способ пуска генератора-двигателя в режиме двигателя: 1) генератора-двигателя мощностью более 100 МВт 2) генератора-двигателя мощностью менее 100 МВт	По согласованию между изготовителем генератора и заказчиком С помощью статического преобразователя частоты Может рассматриваться прямой пуск
27 В аварийных режимах гидрогенератор и его технологические системы должны допускать пуск и включение генератора в сеть при отсутствии напряжения в сети собственных нужд переменного тока	—
28 Уровень шума (средний уровень звука) гидрогенератора на расстоянии 1 м от верхней крестовины не должен превышать, дБА	85
29 Масса и габариты: - общая масса гидрогенератора, т; - наибольшая монтажная масса и ее габариты; - масса ротора, т; - габаритные размеры ротора, см; - масса разъемной части ротора (при разъемном роторе), т; - габаритные размеры разъемной части ротора, см; - наибольшая транспортная масса и ее габариты	Определяются изготовителем гидрогенератора, согласовываются с заказчиком (генеральным проектировщиком)
30 Гидрогенераторы должны сохранять номинальную мощность при номинальном коэффициенте мощности и предельном отклонении напряжения на выводах на ±5 %, а частоты на ±2 % номинальных значений. При этом при работе с повышенным напряжением и пониженной частотой сумма абсолютных значений отклонений напряжения и частоты не должна быть выше 5 %	По ГОСТ 5616
31 Гидрогенераторы должны допускать длительную работу при предельном отклонении напряжения от номинального значения, не превышающем ±10 %. При отклонениях напряжения от ±5 % до ±10 % допустимые нагрузки гидрогенераторов должны быть снижены.	По ГОСТ 5616
32 Гидрогенераторы должны допускать кратковременные перегрузки в аварийных условиях по току статора при кратности тока относительно его номинального значения в соответствии с приложением Б при числе перегрузок предельной длительности не более двух в год	По ГОСТ 5616
33 Ротор гидрогенератора должен допускать двукратный номинальный ток возбуждения длительностью не менее 50 с для гидрогенераторов с косвенным воздушным охлаждением и не менее 20 с для гидрогенераторов с форсированным воздушным или непосредственным водяным охлаждением обмотки ротора. Допускается по согласованию с заказчиком изготовление гидрогенераторов с длительностью двукратного номинального тока возбуждения, отличной от указанной. Для генераторов-двигателей под номинальным током следует понимать наибольший из его значений в генераторном и двигательном режимах	По ГОСТ 5616
34 Гидрогенератор должен выдерживать горизонтальные и вертикальные ускорения, обусловливаемые расчетной сейсмичностью района расположения ГЭС, указанной в пункте 5.1. При этом параметры генератора после воздействия упомянутых ускорений должны оставаться без изменений	По ГОСТ 30546.1

5.3.2 Системы защиты гидрогенератора от коротких замыканий в обмотках статора (реле защиты статора генератора от коротких замыканий) должны обеспечивать полную защиту обмоток статора, независимо от места возникновения короткого замыкания, и возможность предупреждения развития короткого замыкания (срабатывание защиты до снижения сопротивления утечки ниже допустимого уровня).

5.3.3 При подготовке исходной документации на поставку гидрогенераторов должны быть сформулированы основные требования к применяемым согласно 5.3.2 устройствам, в частности, к показателям надежности (вероятность безотказной работы, срок службы) и техническим характеристикам (порог, скорость срабатывания), а также требования к резервным источникам питания, обеспечивающим работоспособность системы защиты в аварийных ситуациях.

5.3.4 Требования к системе контроля технических параметров статора, ротора и системы возбуждения согласно правилам [1] (5.1.9).

5.4 Требования к конструкции гидрогенератора и его технологическим системам

Требования к конструкции гидрогенератора и его технологическим системам (в технической части конкурсной документации на поставку гидрогенератора) должны быть представлены в обобщенном виде в соответствии с приложением Д и с учетом требований, изложенных ниже.

5.4.1 Выбор конструктивного исполнения (зонтичное или подвесное) вертикального синхронного гидрогенератора должен быть сделан заказчиком по частоте вращения и мощности гидрогенератора на основании следующих показателей:

- габариты;
- масса;
- КПД;
- стоимость.

Как правило, для гидроагрегатов с частотой вращения до 200 об/мин и диаметром рабочего колеса свыше 4,5 м применяется зонтичное исполнение с опорой подпятника на крышку гидравлической машины.

Для гидроагрегатов с частотой вращения более 200 об/мин следует применять подвесное исполнение генератора с опорой подпятника на верхнюю крестовину.

Для гидроагрегатов с частотой вращения в диапазоне от 150 до 333,3 об/мин вид конструктивного исполнения гидрогенератора рекомендуется выбирать на основании технико-экономического расчета.

Применение гидрогенератора зонтичного исполнения с опорой подпятника на нижнюю крестовину должно быть обосновано.

5.4.2 Группа механического исполнения по ГОСТ 17516.1 должна быть:

- гидрогенератора мощностью не более 2,5 МВт — М2;
- гидрогенератора мощностью более 2,5 МВт — М6.

5.4.3 На валу гидрогенератора для питания измерительной части регулятора скорости вращения гидравлической турбины должен быть установлен регуляторный генератор либо должно быть предусмотрено место для установки устройства формирования сигналов (зубчатки) и датчиков частоты вращения или другого устройства (например, инкрементального энкодера).

Исполнение регуляторного генератора, входящего в состав гидрогенератора, должно быть выполнено на частоту 50 Гц. Изготовитель генератора должен указать его мощность, ВА, и напряжение, В.

Место установки (на валу гидрогенератора) устройства формирования сигналов (зубчатки) и датчиков частоты вращения должно быть предусмотрено изготовителем гидрогенератора, а поставка устройства формирования сигналов (зубчатки) и датчиков должна осуществляться, как правило, изготовителем гидротурбины.

5.4.4 Конструкция статора должна отвечать требованиям максимальной монтажной готовности и высокой надежности.

5.4.4.1 Обмотка статора должна иметь соединение в звезду, обеспечивать симметрию фазных напряжений генератора относительно земли (напряжение смещения нейтрали обмотки статора не должно превышать 0,75 % фазного напряжения, измеренного по первой гармонике). Число выводов обмотки статора гидрогенератора должно быть не менее шести, в том числе три главных и не менее трех нейтральных (открытая схема в соответствии с ГОСТ 26772).

Порядок следования фаз статора должен быть согласован с генеральным проектировщиком ГЭС.

5.4.4.2 При наружном диаметре до 4 м статор должен изготавливаться бесстыковым и собираться на месте изготовления.

Статор более 4 м по условиям транспортирования должен быть выполнен разъемным, состоять из секторов, соединяемых с помощью стыковых плит и стягивающих шпилек при монтаже на ГЭС. Количество секторов определяет изготовитель генератора.

Для вновь строящихся ГЭС применение статоров бесстыковой конструкции должно рассматриваться для уникальных по мощности или габаритам гидрогенераторов, работающих в режиме частых пусков, с целью повышения их эксплуатационной надежности.

На действующих ГЭС при реконструкции генераторов следует рассматривать перешихтовку сердечника статора в бесстыковое кольцо независимо от мощности гидроагрегата.

5.4.5 Конструкция ротора должна определяться в соответствии с условиями его прочности и транспортирования, с обеспечением при этом выполнения следующих требований.

5.4.5.1 Гидрогенератор должен выдерживать угонную частоту вращения гидротурбины (для поворотно-лопастных гидравлических турбин при сохранении комбинаторной связи). При этом максимальные расчетные напряжения материалов вращающихся частей гидрогенератора не должны превышать 2/3 предела текучести примененных материалов, а деформация частей ротора вследствие уменьшения натяжения его обода должна быть менее размера воздушного зазора. Допускается по согласованию между изготовителем и заказчиком и при соответствующем обосновании повышение расчетных напряжений материалов вращающихся частей гидрогенератора, но не более чем до 95 % предела текучести.

После аварийного режима, сопровождающегося достижением угонной частоты вращения, перед включением в сеть требуется проведение его ревизии.

Гидрогенератор при исправной работе системы регулирования и регулятора частоты вращения должен допускать после сброса номинальной нагрузки включение его в сеть без осмотра и проверки.

5.4.5.2 Изоляция катушек и сердечника ротора должна быть изготовлена из материала, не содержащего асбест; класс изоляции *F*. Междуполюсные соединения должны быть болтовыми.

5.4.5.3 Гидрогенераторы должны иметь продольно-поперечную успокоительную систему. Допускается по согласованию между изготовителем и заказчиком исполнение гидрогенераторов мощностью до 4 МВА без успокоительных систем. При этом требования по допустимой длительности несимметричной нагрузки гидрогенераторов следует устанавливать в технических условиях или техническом задании на гидрогенераторы конкретных типов.

5.4.5.4 На малоагрегатных электростанциях (до четырех агрегатов) целесообразно рассматривать применение гидрогенераторов с отъемным остовом ротора с целью снижения грузоподъемности и количества кранов машинного зала.

5.4.5.5 Расточка отверстий в ступице ротора под соединительные болты фланца вала осуществляется изготовителем генератора по кондуктору изготовителя турбины. Способ соединения согласовывается между изготовителями генератора и турбины. Выверка общей линии вала агрегата должна быть выполнена на монтаже монтирующей организацией по инструкциям изготовителей турбины и генератора.

5.4.6 Конструкции подпятника и подшипников должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- подпятник должен быть рассчитан на вертикальную нагрузку от веса вращающихся частей генератора и турбины, осевого давления проточной воды турбины в номинальном режиме агрегата, а также при пуске и останове;

- в гидрогенераторах должны применяться подпятники на жесткой регулируемой винтовой опоре, состоящие из вращающейся диска-пяты и неподвижных самоустанавливающихся сегментов, лежащих на тарельчатой опоре;

- подпятники и подшипники генераторов-двигателей с обратимым насосом-турбиной должны быть реверсивными;

- подпятники должны быть оснащены ЭМП-сегментами, облицованными фторопластом;

- подпятники и подшипники гидрогенераторов всех исполнений должны иметь изоляцию, предотвращающую протекание электрического тока через поверхности скольжения;

- масло, заливаемое в ванны подпятника и подшипника, должно иметь одинаковую марку с маслом, используемым в системе регулирования гидротурбин по ГОСТ 9972.

5.4.7 Система охлаждения должна обеспечивать высокое использование гидрогенератора в отношении электромагнитных нагрузок и устанавливаться по согласованию между изготовителем и заказчиком.

5.4.7.1 Для охлаждения гидрогенераторов мощностью не более 5 МВт наряду с замкнутой может быть применена разомкнутая система вентиляции воздуха.

Для гидрогенераторов мощностью от 5 до 300 МВт (в обоснованных случаях до 500 МВт) может применяться система косвенного воздушного охлаждения с циркуляцией охлаждающего воздуха по замкнутому контуру. Охлаждение нагретого воздуха осуществляется водовоздушными воздухоохладителями.

В системах косвенного воздушного охлаждения по требованию заказчика может быть предусмотрен отбор горячего воздуха для отопления машинного зала ГЭС в объеме до 20 % от расхода воздуха через охладители. При этом на входе воздуха в стакан генератора должны устанавливаться пылеулавливающие фильтры.

Для гидрогенераторов мощностью более 500 МВт (в обоснованных случаях более 300 МВт) наряду с воздушными системами охлаждения могут применяться смешанные системы охлаждения с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора. При этом охлаждение других активных частей генератора (обмотки ротора и сердечника статора) может быть применено как непосредственное водяное, так и косвенное воздушное. Выбор вида охлаждения принимается на основании технико-экономического сопоставления вариантов систем охлаждения.

5.4.7.2 Охлаждение масла ванн подпятника и подшипников вертикальных синхронных гидрогенераторов и генераторов-двигателей должно осуществляться с помощью трубчатых маслоохладителей, по которым протекает техническая вода.

Воздухоохладители и маслоохладители гидрогенераторов должны быть рассчитаны на давление воды до 0,5 МПа. Конкретное значение давления следует устанавливать в техническом задании или технических условиях на гидрогенераторы конкретных типов.

5.4.7.3 Гидрогенераторы в вертикальном исполнении с косвенной системой охлаждения должны допускать длительную работу с номинальной нагрузкой при:

- отключении одного из воздухоохладителей при количестве воздухоохладителей в гидрогенераторе 12 и более;
- температуре охлаждающей воды 28 °С;
- отключении двух из 12 или одного из восьми охладителей при температуре охлаждающей воды не более 20 °С.

5.4.7.4 Общестанционная система водоподготовки для гидрогенераторов с непосредственным водяным охлаждением должна обеспечивать удельное сопротивление заливаемого в обмотку статора дистиллята не менее 2 кОм/м. Система непосредственного водяного охлаждения обмотки статора должна обеспечивать удельное сопротивление дистиллята 2—4 кОм/м. Гидрогенераторы должны допускать работу в течение одних суток при снижении удельного сопротивления дистиллята до 500 Ом/м. Система водяного охлаждения генератора должна обеспечивать контроль за температурой, давлением, расходом и удельным сопротивлением дистиллята, а также содержать устройства автоматического поддержания температуры дистиллята в необходимых пределах при изменениях нагрузки генератора и температуры воды на входе в теплообменник.

Оборудование системы охлаждения дистиллированной водой, размещаемые вне генератора (баки, насосы, теплообменники и фильтры), должны входить в поставку генератора.

5.4.8 Система смазки подпятников и направляющих подшипников вертикальных гидрогенераторов должна осуществляться без циркуляции масла вне его масляных ванн. По согласованию между изготовителем и заказчиком допускается применение выносных маслоохладителей подпятников и подшипников.

По согласованию между изготовителем и заказчиком допускается применение в подпятниках генераторов-двигателей принудительная подача масла к поверхностям трения под давлением при пусках и остановах генератора.

5.4.9 Система отвода паров масла. Для предотвращения загрязнения гидрогенератора масляные ванны подпятника и подшипников должны иметь уплотнения, исключающие попадание масла в генератор и должна предусматриваться возможность отвода паров масла из зоны уплотнения масляных ванн. Устройство для отвода паров масла поставляется с генератором.

5.4.10 Торможение гидрогенератора и генератора-двигателя должно быть автоматизировано и производится при плановых (нормальных) остановах агрегата электрическим методом (для ГАЭС с выдачей электрической энергии в сеть), а при снижении частоты вращения до 5 % — механической системой — тормозами, работающими от сжатого воздуха при избыточном давлении (0,7 + 0,1) МПа, забираемого из общестанционной магистрали. В аварийных режимах торможение агрегата обеспечивается с помощью механической системы, подключение которой должно осуществляться при снижении частоты вращения ниже 30 %. Количество сжатого воздуха ($м^3$) на одно торможение должно быть указано изготовителем генератора.

На гидрогенераторах мощностью менее 50 МВт электрическое торможение не используется.

Подъем ротора на тормозах должен производиться подачей масла от передвижной маслонасосной установки под давлением 10 МПа на высоту, не более указываемой изготовителем турбины. Тормоза-домкраты должны быть снабжены стопорными гайками для фиксации ротора в поднятом положении и оснащены датчиками положения, цепи которых необходимо вывести на внешний ряд зажимов. Маслонасосная установка входит в поставку генератора и должна отключаться при действии конечного выключателя при достижении допустимой высоты подъема ротора на тормозах.

На многомашинные станции (с числом агрегатов более шести) по требованию заказчика могут поставляться две и более маслонасосных установки (из расчета одна маслонасосная установка на шесть агрегатов).

5.4.11 В процессе теплоконтроля контроль и измерение температуры сегментов подпятника и направляющего подшипника, масла в ваннах, обмотки статора, сердечника статора, охлаждающего воздуха гидрогенератора должны производиться с помощью термопреобразователей сопротивления и термометров манометрических, которые устанавливают в количестве не меньшем, чем указано в ГОСТ 5616. Количество первичных датчиков и места их установки приведены в приложении В.

Термопреобразователи сопротивления должны иметь трех- или четырехпроводную схему подключения и номинальные статические характеристики преобразования 50М или 100П соответственно, выполняться из меди или платины и быть одинаковыми с термопреобразователями, применяемыми в системе теплоконтроля турбины.

Контроль за температурой должен осуществляться автоматической системой, формирующей предупредительные и аварийные сигналы при превышении допустимой температуры в любой контролируемой точке, вывод этой информации на устройства управления, отображения и регистрации.

Первичные датчики и приборы должны входить в поставку изготовителя гидрогенератора и обеспечивать возможность автоматизации контроля параметров гидрогенератора с использованием микропроцессорной системы управления гидроагрегатом.

Поставка системы теплового контроля в полном объеме должна быть согласована между заказчиком и изготовителем гидрогенератора.

5.4.12 Для реализации задач диагностики генератор должен быть оснащен средствами мониторинга отдельных узлов. Помимо температуры активных частей, подшипниковых узлов и охлаждающих сред (см. 5.4.11) должны контролироваться следующие параметры:

- давление воды на входе в воздухо- и маслоохладители;
- расход воды в воздухо- и маслоохладителях;
- уровень масла в маслованнах;
- уровень вибраций.

Перечень первичных датчиков приведен в приложении Г.

5.4.12.1 Система мониторинга и диагностики гидрогенератора, предназначенная для предупреждения аварий, должна быть составной частью общестанционной системы диагностики и мониторинга.

5.4.12.2 Преобразователи (датчики) электрических и неэлектрических величин должны иметь унифицированный выходной сигнал 0—5 мА либо 4—0 мА.

5.4.12.3 Преобразователи, выполняющие одни и те же функции на генераторе и турбине, как правило, должны быть однотипны.

5.4.12.4 Мощные уникальные генераторы и генераторы-двигатели, а также генераторы мощностью более 10 МВт, имеющие номинальную частоту вращения 500 об/мин и более, а также генераторы на ГЭС без постоянного обслуживающего персонала должны быть оборудованы системой виброконтроля, состоящей из 4—6 датчиков контроля вибрации узлов по ГОСТ 5616 (2.37) в вертикальном и горизонтальном направлениях.

По требованию заказчика система виброконтроля может быть установлена на гидрогенераторе для контроля следующих величин:

- вибрация направляющих подшипников (2—3 канала);
- вибрация вала (2 канала);
- вибрация корпуса подпятника (1 канал);
- вибрация сердечника статора (количество каналов — по количеству секторов статора),
- вибрация корпуса статора (2 канала),
- вибрация лобовых частей обмотки статора (5—10 каналов).

По требованию заказчика на гидрогенераторе может осуществляться контроль величины воздушного зазора.

Места установки датчиков определяет изготовитель генератора в соответствии с требованием заказчика по количеству контролируемых узлов гидрогенератора.

Система виброконтроля должна содержать устройства по сбору и обработке информации о состоянии отдельных узлов, а также анализу этой информации и выработке предложений для действия персонала.

5.4.13 Гидрогенератор мощностью более 0,5 МВА должен быть оборудован автоматической системой выявления пожара и пожаротушения путем распыления воды. На подводящих магистралях должны быть установлены быстродействующие запорные устройства. При использовании материалов, не поддерживающих горение, допускается по согласованию между изготовителем и заказчиком изготовление генератора без системы пожаротушения, а также без устройства для ручного управления системой пожаротушения.

Кольцевые трубопроводы пожаротушения с разбрызгивателями, датчики пожаротушения, подводящие трубы в пределах шахты генератора и быстродействующие запорные устройства должны быть поставлены изготовителем гидрогенератора.

5.4.14 Для поддержания требуемого качества изоляции обмоток генератора на остановленном агрегате должна быть предусмотрена установка электронагревателей в шахте генератора (система обогрева остановленного генератора). Электронагреватели должны быть поставлены изготовителем гидрогенератора.

Необходимость установки системы обогрева определяет заказчик по согласованию с генеральным проектировщиком исходя из местных климатических условий.

5.4.15 Требования к аппаратуре контроля и управления гидрогенератора согласно приложению Д (таблица Д.1).

Перечень аппаратуры контроля и управления гидрогенератора согласно приложению Г.

Приводы вспомогательных устройств должны быть рассчитаны на питание:

- трехфазным переменным током напряжением 380 В;
- однофазным переменным током.

5.4.16 Степень защиты гидрогенераторов принимается по ГОСТ 17494:

- IP00 — для генераторов с разомкнутой воздушной системой охлаждения;
- IP43 — для гидрогенераторов с замкнутой воздушной системой охлаждения и непосредственным водяным охлаждением обмотки статора.

5.4.17 Краткое изложение частных конструктивных требований к гидрогенератору и генератору-двигателю приведено в приложении Д.

5.5 Требования к системе возбуждения гидрогенератора

5.5.1 Система возбуждения должна обеспечивать работу гидрогенератора (генератора-двигателя) во всех эксплуатационных режимах без вмешательства дежурного персонала и отвечать требованиям, указанным в таблице 5.2.

Таблица 5.2 — Требования к системе возбуждения

Требование	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
1 Начальное возбуждение от собственных нужд ГЭС и резервное — от аккумуляторной батареи ГЭС	—
2 Холостой ход генератора	—
3 Подгонка напряжения генератора к напряжению сети при включении генератора в сеть методом точной синхронизации	—
4 Обеспечение включения генератора в сеть методом синхронизации	—
5 Обеспечение пуска обратимого генератора в двигательный режим	—
6 Поддержание напряжения генератора в соответствии с заданной установкой при работе агрегата в энергосистеме	—
7 Работа в энергосистеме с нагрузками и перегрузками в соответствии с требованиями ГОСТ 5616	—
8 Устойчивая работа в переходных и аварийных режимах (набросы и сбросы нагрузки, короткие замыкания)	—
9 Работа генератора в режиме синхронного компенсатора с выдачей и потреблением реактивной мощности (при токах статора и ротора не выше номинальных значений)	—

Окончание таблицы 5.2

Требование	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
10 Форсировка возбуждения с заданной кратностью по напряжению и току (табл. 5.1) при нарушениях в энергосистеме, вызывающих снижение напряжения на шинах станции	—
11 Развозбуждение при нарушениях в энергосистеме, вызывающих увеличение напряжения на шинах станции	—
12 Автоматическое и ручное управление возбуждением при остановке генератора, включая режим электроторможения	—
13 Гашение поля генератора в аварийных режимах	—
14 Гашение поля генератора при нормальных остановах агрегата	—
15 Гашение поля генератора при нормальных остановах агрегата с последующим автоматическим вводом в работу схемы электрического торможения генератора	—
16 Разгрузка генератора по реактивной мощности до величины, близкой к нулю, при плановом останове агрегата	—

5.5.2 Система возбуждения гидрогенератора должна быть изготовлена с использованием современной элементной базы. Аппаратура регулирования, управления и защиты должна быть выполнена с применением современных, преимущественно микропроцессорных, технологий, должна иметь необходимое оборудование для ее локального управления и для интеграции в АСУ ТП ГЭС, быть надежной и простой в эксплуатации, соответствовать требованиям [1], ГОСТ Р 507.46, ГОСТ Р 51317.4.1, ГОСТ 21558, ГОСТ 30546.1. При этом высокая надежность работы систем возбуждения должна быть обеспечена в первую очередь за счет тщательной приработки и многократной проверки всех узлов, а также внутреннего резервирования.

5.5.3 Поставщик несет полную ответственность за работоспособность системы возбуждения и обеспечивает поставку всего оборудования, необходимого для ее работы, даже если оно не отражено в требованиях и условиях поставки.

5.5.4 К поставке должно приниматься оборудование, имеющее подтверждение соответствия нормативным требованиям. В частности, АРВ должен иметь экспертное заключение по результатам испытаний на электродинамической модели.

5.5.5 Система возбуждения может быть выполнена согласно параметрам, приведенным в таблице 5.3.

Т а б л и ц а 5.3 — Параметры системы возбуждения

Наименование параметра	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
1 Система возбуждения 1.1 Тип системы (нужное указать): а) Генератор мощностью более 500 МВА; - генератор ГЭС, занимающий определяющее место в энергосистеме; - генератор бесщеточный; б) генератор-двигатель; - гидрогенератор мощностью менее 500 МВА; - вспомогательный генератор	а) Независимое возбуждение б) Самовозбуждение
1.2 Выпрямитель - степень резервирования	- управляемый - неуправляемый - одноканальное исполнение по способу N-1 - двухканальное с одним или несколькими мостами в канале
1.3 Схема выпрямления	- мостовая (указывается число фаз) - другое

Продолжение таблицы 5.3

Наименование параметра	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
1.4 Источник питания выпрямителя: а) рабочей группы б) форсировочной группы в) для одногрупповой схемы г) в режиме электроторможения	 - отпайка обмотки статора ВГ; - отпайка трансформатора возбуждения; - обмотка статора ВГ; - трансформатор возбуждения, подключаемый к шинопроводу генераторного напряжения; - отпайка обмотки статора ВГ; - трансформатор возбуждения, подключаемый к шинопроводу генераторного напряжения; - дополнительная обмотка возбудителя; - агрегатные собственные нужды переменного тока; - другое; - КРУ 6 (10) кВ; - агрегатные собственные нужды
1.5 Охлаждение выпрямителя	- естественное воздушное; - принудительное воздушное; - форсированное воздушное; - водяное;
1.6 Автоматический регулятор возбуждения	- пропорционального действия; - сильного действия; - одноканальный; - двухканальный; - наличие системного стабилизатора;
1.7 Система управления и регулирования	- одноканальная; - двухканальная; - наличие технологического контроллера; - запись осциллограмм аварийных событий системы возбуждения на встроенный осциллограф; - возможность записи осциллограмм при наладке;
1.8 Комплекс защит системы возбуждения должен включать	- максимальная токовая защита ВГ; - дифференциальная защита ВГ; - защита от короткого замыкания между шинами постоянного тока ВГ и ГГ; - защиту от повышения напряжения статора ВГ, ГГ в режиме холостого хода; - защиту от понижения напряжения статора ВГ; - защиту от перегрузки ротора ГГ с интегрально-зависимой характеристикой; - защиту от потери возбуждения ГГ; - защиту ротора от перенапряжений в переходных аварийных режимах; - защиту от снижения частоты на холостом ходу генератора; - защиту от замыкания на землю цепей возбуждения; - максимальную токовую защиту выпрямительного трансформатора ВГ; - токовую отсечку выпрямительного трансформатора ВГ; - при отказе обоих каналов регулирования ВГ, ГГ; - при неуспешном инвертировании ГГ; - защита от перегрузки в режиме электроторможения; - защиту от тока ротора более двухкратного; - защиту от превышения длительности форсировки; - защиту от несимметричного режима работы тиристорного преобразователя; - защиту от перегрева тиристоров; - защиту от снижения расхода дистиллята через тиристорный преобразователь; - защиту при неуспешном начальном возбуждении

Продолжение таблицы 5.3

Наименование параметра	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
2 Номинальные параметры системы возбуждения	Указать значения
2.1 Ток номинальный системы возбуждения, А	Указать значения
2.2 Напряжение номинальное системы возбуждения, В	Указать значения
2.3 Длительность форсировки, с	20 или 50
2.4 Кратность форсирования: - по напряжению, при номинальном токе обмотки возбуждения, о. е.: - по току, о. е.	 2,5 ...4,0 2,0
2.5 Пределы изменения коэффициента усиления основного канала регулирования в установившихся режимах, ед. возб. ном./ед. н.	0 ... 200
2.6 Точность поддержания напряжения на шинах генератора, %	±0,5 ... ±1
2.7 Частота напряжения питания сети, Гц Допустимое изменение частоты питания, Гц: - длительно; - кратковременно, не более 50 с	50 +2, –3 + 40, –10
2.8 Напряжение питания цепей переменного тока собственных нужд ГЭС, В Допустимое длительное отклонение напряжения питания постоянного тока, %	380 +10, –15
2.9 Напряжение питания цепей постоянного тока собственных нужд, В Допустимое длительное отклонение напряжения питания постоянного тока, %	220 +10, –15
2.10 Номинальное напряжение цепей измерения напряжения статора (действующее значение), В	100
2.11 Номинальный ток по цепям измерения тока статора и ротора (действующее значение), А	5
2.12 Испытательное напряжение силовых цепей и потенциально связанных с ними, В	Указать значения
3 Основные характеристики трансформатора возбуждения	Указать значения
3.1 Тип	Указать значения
3.2 Мощность, номинальная, кВА	Указать значения
3.3 Напряжение номинальное первичное, В	Указать значения
3.4 Напряжение номинальное вторичное, В	Указать значения
3.5 Ток номинальный первичный, А	Указать значения
3.6 Ток номинальный вторичный, А	Указать значения
3.7 Изоляция	Класс (F, H)
3.8 Частота номинальная, Гц	50
3.9 Группа соединения обмоток	Y/Δ-11
3.10 Напряжение короткого замыкания, %	Указать значения

Продолжение таблицы 5.3

Наименование параметра	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
3.11 Наличие проходных трансформаторов тока во вводах высокого напряжения - класс точности обмотки для измерения (указать нужное); - класс точности обмотки для защиты (указать нужное); - электродинамическая стойкость, кА, не менее	Указать да/нет 0,2s, 0,5s, другое 5p, 10p, другое Указать значения
3.12 Нагрузочная способность по ГОСТ 16772	Класс перегрузок 7
3.13 Направление выводов высокого напряжения	Указать направление и тип подключения: кабель или токопровод
3.14 Направление выводов низкого напряжения	Указать направление
4 Основные характеристики трансформатора электроторможения	Указать значения
4.1 Мощность номинальная, кВА	Указать значения
4.2 Напряжение номинальное первичное, В	Указать значения
4.3 Напряжение номинальное вторичное, В	Указать значения
4.4 Ток номинальный первичный, А	Указать значения
4.5 Ток номинальный вторичный, А	Указать значения
4.6 Изоляция	Класс (B, F, H)
4.7 Частота номинальная, Гц	50
4.8 Группа соединения обмоток	Y/Δ-11
4.9 Напряжение короткого замыкания, %	Указать значения
4.10 Нагрузочная способность по ГОСТ 16772	Класс перегрузок 7
4.11 Направление выводов высокого напряжения	Указать направление и тип подключения: кабель или токопровод
4.12 Направление выводов низкого напряжения	Указать направление
5 Объем поставки системы возбуждения	- щит возбуждения главного генератора; - щит возбуждения вспомогательного генератора; - трансформатор возбуждения; - трансформатор электроторможения; - шкаф теплообменника; - теплообменник; - комплект защитных сопротивлений; - пусковое тиристорное устройство; - комплект ЗИП одиночный к щиту возбуждения; - групповой комплект запасных частей к щиту; - комплект принадлежностей для наладки и испытаний щита возбуждения; - эксплуатационная документация
5.1 Щит возбуждения должен состоять из шкафов, устанавливаемых на единую раму на месте монтажа системы возбуждения	—
5.2 Соединения между шкафами должно быть выполнено шинами и кабельными разъемными перемычками, входящими в комплект поставки	—
5.3 Необходимо задать изготовителю направление выводов силовых шин шкафов и способ их подключения	—

Окончание таблицы 5.3

Наименование параметра	Выбрать и указать нужное в требованиях на поставку
5.4 Изготовитель должен указать габаритные размеры и массу комплектующих шкафов, трансформаторов и сопротивлений	—
5.5 Комплект заводской технической документации должен включать: - полный комплект принципиальных электрических схем на всю аппаратуру; - полный комплект электромонтажных схем на всю аппаратуру; - технические описания на всю аппаратуру; - технические паспорта на всю аппаратуру; - инструкцию по эксплуатации системы возбуждения; - инструкцию по эксплуатации тиристорного выпрямителя; - инструкцию по эксплуатации системы управления и регулирования, в том числе документацию по техническому и программному обеспечению	—
5.6 В контроллеры шкафа управления, регулирования и сигнализации должно быть загружено соответствующее программное обеспечение	—

5.5.6 Выбор схемы системы возбуждения зависит от параметров гидрогенератора и положения ГЭС в энергосистеме:

5.5.6.1 Система возбуждения уникального по мощности гидрогенератора, а также генератора ГЭС, занимающих определяющее место в энергосистеме, может выполняться по схеме независимого возбуждения. При этом система возбуждения должна состоять из двух взаимосвязанных систем: СВ-ГГ и системы возбуждения вспомогательного генератора СВ-ВГ.

При кратности форсировки 3,5 и более СВ-ГГ может содержать две группы тиристорных выпрямителей: рабочую и форсировочную. Выпрямители рабочей и форсировочной групп должны подключаться соответственно к отпайкам и полной обмотке статора ВГ.

СВ-ВГ должна быть выполнена по схеме самовозбуждения. Трансформатор возбуждения должен подключаться к отпайкам обмотки статора ВГ. СВ-ВГ должна быть выполнена с двумя автономными и равноценными преобразовательно-регулирующими каналами.

5.5.6.2 Для высокоскоростных гидрогенераторов может быть использована бесщеточная система независимого возбуждения. Выпрямитель подвозбудителя может выполняться как управляемым, так и неуправляемым, а регулирование тока возбуждения возбудителя может осуществляться в последнем случае, например, с использованием силовых модулей на основе биполярных транзисторов (IGBT модули).

5.5.6.3 Для остальных гидрогенераторов и генераторов-двигателей должна быть использована статическая тиристорная система возбуждения по схеме параллельного самовозбуждения.

5.5.7 Одногрупповая система возбуждения предполагает использование одного или нескольких автономных выпрямителей, включенных параллельно на стороне постоянного тока, имеющих одинаковое напряжение питания и равные углы открытия вентилей во всех режимах работы генератора.

При выборе схемы возбудителя определяющим, как правило, является критерий обеспечения показателей надежности самого генератора. При этом показатель надежности выпрямителя определяется исходя из надежностьи тиристора, поскольку вспомогательные элементы (например, защитные RC-цепи) должны выбираться таким образом, чтобы интенсивность их отказов была значительно меньше интенсивности отказа тиристора.

Применение избыточного числа параллельных ветвей в плече выпрямителя обеспечивает загрузку тиристоров током, существенно меньшим допустимого. При этом температура полупроводниковой структуры тиристоров снижается, максимальное напряжение не превышает допустимого значения, а наработка на отказ тиристора существенно возрастает. По этой причине системы возбуждения со 100 %-ным резервированием тиристорных выпрямителей, а также системы возбуждения с одним выпрямителем, имеющим избыточные параллельные ветви в плече, и выпрямитель с резервным единичным

мостом с точки зрения надежности являются равноценными. При этом выпрямители будут иметь разные габариты и стоимости.

5.5.8 Для всех видов систем возбуждения генераторов малой мощности, укомплектованных выпрямителем с одной ветвью в плече, должно быть оговорено время восстановления работоспособности системы возбуждения.

5.5.9 Проблему обеспечения устойчивости при передаче номинальной мощности, обусловленную тем, что большинство эксплуатируемых на территории Российской Федерации систем возбуждения при неисправностях АРВ переключается на резервное управление БДУ), действующий по пропорциональному закону с малыми коэффициентами усиления. Недопустимость потери агрегата, а также ухудшенные электромагнитные параметры мощных генераторов усложняют условие обеспечения устойчивости при передаче номинальной мощности. Эту проблему можно решить только с помощью сильного регулирования.

Примечание — Если машина работает на резервном регуляторе и в этот момент происходит авария в энергосистеме, то ощутимо возрастает риск нарушения синхронизма, поскольку не будет обеспечено демпфирование колебаний. А поскольку при работе на таком резервном регуляторе выведены из работы и ограничители предельных режимов, то существует реальная возможность повреждения самого генератора. Следовательно, предпочтительнее, чтобы резервный канал регулятора обеспечивал также сильное регулирование, т.е. реализовывал ПИ или ПИД закон.

5.5.10 При вводе на генераторе системы самовозбуждения должна быть предусмотрена возможность снятия его характеристик, для чего необходимо выбрать независимый источник питания роторных цепей, обеспечивающий на зажимах генератора $1{,}3U_н$ в режиме холостого хода. В качестве такого источника на ГЭС может быть использован отдельный трансформатор, подключаемый к линейной ячейке КРУ 6(10) кВ, или иной источник. В случае, если технологический процесс на ГЭС предполагает использование при нормальных остановах генератора электрического торможения, реализация которого также требует независимого источника питания цепей ротора, целесообразно мощность источника при этом выбирать такой, чтобы был обеспечен также режим снятия характеристик генератора, что позволит отказаться от установки дополнительных линейной ячейки, трансформатора и шлангового кабеля.

5.5.11 В зависимости от величины тока возбуждения следует использовать следующие способы охлаждения силовых тиристорных мостов:

- до 1000 А — естественное воздушное;
- от 1000 А до 2000 А — принудительное воздушное по замкнутому циклу;
- от 2000 А — принудительное воздушное по замкнутому циклу с водяным (технической водой) воздухоохладителем либо водяным охлаждением дистиллированной водой.

Использование дистиллята для охлаждения тиристоров выпрямителя требует наличия на ГЭС системы водоподготовки. При этом для системы возбуждения должны быть указаны температура и расход охлаждающей воды, а также перепад давления. Контроль за расходом и давлением охлаждающей воды должен быть выполнен на основе современных электронных технических средств, не требующих затрат на обслуживание и работающих во взаимосвязи с системой управления возбуждением.

Использование форсированного воздушного охлаждения с водяным воздухоохладителем (технической водой) обосновано лишь при повышенном содержании пыли в воздухе машинного зала, невозможностью обеспечения охлаждения дистиллятом, требованием по степени защиты шкафов системы возбуждения IP54 и выше, а также сложными климатическими условиями.

5.5.12 Комплекс защиты системы возбуждения должен быть выполнен на микропроцессорной базе и состоять из двух независимых комплектов.

5.5.13 Система возбуждения должна обеспечивать пуск гидроагрегата в условиях отсутствия напряжения переменного тока в системе собственных нужд ГЭС.

5.5.14 В системе возбуждения гидроагрегата должна быть предусмотрена аппаратура измерения напряжения и тока статоров главного и вспомогательного генераторов, напряжения и тока роторов главного и вспомогательного генераторов с выходным сигналом от 4 до 20 мА, для выдачи информации на приборы измерения тока ротора главного генератора на ЦПУ.

5.5.15 Все поставляемое оборудование системы возбуждения должно быть испытано на заводе-изготовителе. Вид инспекции (служба ОТК завода-изготовителя, заказчик или независимая инспекционная организация) при приемке оборудования должен быть согласован между заказчиком и изготовителем. Полный объем испытаний должен быть представлен изготовителем. Обязательный объем испытаний приведен ниже в таблице 5.4.

Таблица 5.4 — Обязательный объем испытаний оборудования системы возбуждения

Оборудование	Испытания
Шкафы с силовым оборудованием	а) Проверка сопротивления и электрической прочности изоляции силовой цепи, цепей, связанных электрически с силовой цепью цепей вторичной коммутации б) Проверка включения, отключения выключателя гашения поля* в) Проверка работы цепи защиты от перенапряжений* г) Проверка работы цепи начального возбуждения* д) Проверка функционирования цепей управления, защиты и сигнализации моделированием условий их работы
Тиристорный выпрямитель	а) Проверка сопротивления и электрической прочности изоляции силовых цепей и цепей управления и сигнализации б) Проверка импульсов управления на управляющих электродах тиристоров, снятие фазовых характеристик управления* в) Проверка работы цепей контроля, защиты и сигнализации* г) Проверка напряжения на тиристорах* д) Проверка выпрямителя при номинальном токе (при пониженном напряжении)* е) Проверка распределения тока по параллельным ветвям (при номинальном токе)* ж) Проверка на нагрев при номинальном токе
Шкаф регулятора возбуждения	а) Проверка сопротивления изоляции и электрической прочности цепей б) Проверка компонентов системы управления и регулирования по отдельным программам испытаний в) Проверка источников питания* г) Проверка входных и выходных дискретных сигналов* д) Проверка системы импульсно-фазового управления тиристорами (измерение минимального и максимального углов управления, противофазной и междуфазной асимметрии импульсов управления)* е) Проверка функционирования СУР совместно с модельным генератором (возбуждение, гашение, работа на холостом ходу генератора, работа совместно с сетью)* ж) Испытания на помехоустойчивость (на соответствие оборудования требованиям ГОСТ Р 51317.4.1)*
Примечание — Пункты перечня, помеченные знаком*, должны выполняться в присутствии заказчика.	

5.6 Требования надежности

Значения показателей надежности гидрогенераторов со вспомогательными системами по ГОСТ 27.002 и ГОСТ 4.167 должны устанавливаться в техническом задании, но быть не менее указанных в ГОСТ 5616:

- коэффициент готовности 0,996;
- средняя наработка на отказ, ч. 27000;
- ресурс между капитальными ремонтами, лет 7;
- срок службы, лет. 40

5.7 Требования ремонтопригодности

Гидрогенераторы с внутренним диаметром сердечника 3 м и более должны удовлетворять требованиям ремонтопригодности:

- допускать замену стержней обмотки статора и полюсов ротора без выемки ротора гидрогенератора и съема верхней крестовины;

- обеспечивать доступность профилактического осмотра лобовых частей обмотки и спинки сердечника статора и установку при необходимости на этих элементах вибродатчиков и датчиков температуры без демонтажа воздухоохладителей и воздухоразделяющих щитов.

Внутренний диаметр сердечника статора должен допускать выемку крышки и рабочего колеса турбины, а также нижней крестовины генератора при ее наличии.

Контактные кольца со щеточным аппаратом должны быть легкодоступны и расположены на специальной подставке с широкими проемами для легкого и безопасного доступа к щеточному аппарату.

В гидрогенераторах с непосредственным водяным охлаждением обмоток статора необходимо предусмотреть возможность проведения замеров сопротивления обмотки статора без разборки коллектора по воде.

5.8 Требования безопасности и охраны труда

5.8.1 Требования безопасности гидрогенераторов должны выполняться по классу 01 ГОСТ 12.0.003, ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.1.

5.8.2 Корпус генератора, фундаментные плиты и трубопроводы систем охлаждения должны быть снабжены элементами заземления по ГОСТ 21130. Корпус статора должен иметь два элемента заземления, расположенных в диаметрально противоположных местах.

Значение сопротивления между заземляющими элементами и каждой доступной прикосновению частью, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,1 Ом.

5.8.3 Пожарная безопасность генератора и его элементов должна обеспечиваться как в нормальных, так и в аварийных режимах.

Расчетное значение вероятности возникновения пожара в генераторе (от генератора) не должно превышать 10^{-6} в год по ГОСТ 12.1.004.

5.8.4 При испытаниях и измерениях должны выполняться требования безопасности по ГОСТ 12.3.019.

5.8.5 В конструкции генератора должны быть предприняты меры для предотвращения возникновения внешних электромагнитных полей промышленной частоты от корпуса гидрогенератора в соответствии с требованиями [2].

5.8.6 Конструкция гидрогенератора не должна содержать источников ультразвука и инфразвука в соответствии с требованиями [3].

5.8.7 В конструкции генератора необходимо минимизировать количество материалов, содержащих вредные вещества.

5.8.8 Конструкция гидрогенератора должна исключать случайное прикосновение к вращающимся частям и частям, находящимся под напряжением.

5.9 Эргономические и эстетические требования

5.9.1 Компоновка гидрогенератора должна быть выполнена с учетом требований эргономики по ГОСТ 12.2.049.

5.9.2 Внешний вид гидрогенератора должен соответствовать современным требованиям промышленной эстетики и быть согласован с генеральным проектировщиком.

5.9.3 Контрольно-измерительные приборы и аппаратура управления должны быть легкодоступны и расположены на видных местах в соответствии с ГОСТ 12.2.049.

5.9.4 Цвета сигналов, размеры, форма и цвет знаков безопасности должны соответствовать ГОСТ Р 12.4.026.

5.9.5 Во всех необходимых местах внутри корпуса и стакана гидрогенератора должно быть обеспечено освещение.

Рабочее освещение в камере рабочего воздуха может быть обеспечено переменным током напряжением 220 В. Во всех остальных конструктивных узлах рабочее освещение должно быть обеспечено переменным током напряжением 36 В, 12 В. При этом освещение выполняется трехпроводным с фазным, нулевым и защитным проводниками, с УЗО в цепи, имеющим ток срабатывания не более 30 мА.

Аварийное освещение должно быть обеспечено постоянным током 220 В. Переносное ремонтное освещение, включая штепсельные розетки и переносные лампы, должно иметь напряжение 12 В или 36 В.

Внутренняя электропроводка должна быть выполнена в жестких оцинкованных трубах. Электропроводка должна быть выполнена таким образом, чтобы во время демонтажа гидрогенератора необходимость в ее удалении отсутствовала. В местах разъема следует предусмотреть клеммные коробки.

5.10 Требования по монтажу и эксплуатации

5.10.1 К началу монтажа гидрогенератора вал турбины должен быть надежно закреплен в вертикальном положении по оси агрегата. При этом его фланец должен располагаться на 15—20 мм ниже своей проектной отметки.

5.10.2 Монтаж гидрогенератора должен производиться специализированной монтажной организацией, имеющей право, установленное законодательством Российской Федерации, на проведение монтажных работ в соответствии с требованиями инструкции по монтажу изготовителя по рабочим чертежам изготовителя и генерального проектировщика.

5.10.3 Соединение гидрогенератора с турбиной и проверка общей линии вала также должны выполняться монтажной организацией в соответствии с инструкциями изготовителей турбины и генератора.

5.10.4 Монтирующий и эксплуатационный персонал должен соблюдать правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок и выполнении отдельных видов строительных и монтажных работ. Допуск посторонних лиц к гидрогенератору запрещается.

5.10.5 Производство каких-либо работ на действующем генераторе не разрешается, за исключением частных, соответствующим образом обоснованных и отвечающих действующим требования безопасности, случаев, которые должны быть установлены руководством монтирующей организации (до сдачи гидрогенератора в эксплуатацию) и руководством ГЭС (после сдачи в эксплуатацию).

5.10.6 Работа в цепях обмотки статора должна выполняться с соблюдением правил работы с цепями, находящимися под напряжением выше 1000 В.

Работа в цепях обмотки возбуждения должна выполняться с соблюдением правил работы с цепями, находящимися под напряжением выше 1000 В.

Работа в цепях аппаратуры автоматики и теплового контроля должна выполняться с соблюдением правил работы с цепями, находящимися под напряжением до 1000 В.

5.10.7 Осмотр внутренних полостей остановленного генератора и какой-либо их ремонт разрешаются только при заторможенном и застопоренном роторе.

5.10.8 Корпус статора гидрогенератора, шкаф и панель теплоконтроля, щит торможения должны быть надежно заземлены.

5.10.9 При работе с химреактивами и, в частности, с эпоксидными смолами необходимо соблюдать санитарные правила и технику безопасности.

5.10.10 Эксплуатация гидрогенератора должна выполняться в соответствии с инструкцией изготовителя и требованиями [1].

5.10.11 Скорость набора и изменения активной и реактивной нагрузок гидрогенераторами не должна быть ограничена. Скорость набора активной нагрузки определяют исходя из условий работы гидравлической турбины.

5.10.12 При повышении температуры охлаждающего воздуха более номинального значения нагрузки гидрогенератора ограничивают.

При снижении температуры охлаждающего воздуха нагрузку гидрогенератора с косвенным и форсированным воздушным охлаждением обмоток повышают.

Допустимые режимы работы гидрогенератора при температурах охлаждающего воздуха, отличных от номинального значения, устанавливают в инструкциях по эксплуатации.

5.10.13 В течение срока службы гидрогенератора изготовитель сохраняет за собой право наблюдения за условиями и показателями эксплуатации гидрогенератора, для чего заказчик обязан по требованию изготовителя предъявить ему необходимые данные и материалы, характеризующие работу гидрогенератора.

5.11 Требования к маркировке, упаковке, транспортированию и хранению

5.11.1 Маркировка гидрогенераторов, возбудителей, регуляторных генераторов, воздухоохладителей, маслоохладителей и охладителей дистиллята выполняется по ГОСТ 18620 и ГОСТ 26772.

5.11.2 На корпусе каждого гидрогенератора, возбудителя, регуляторного генератора, каждой секции воздухоохладителя, маслоохладителя и охладителя дистиллята должна быть укреплена фирменная табличка.

5.11.3 На табличке гидрогенератора должны быть указаны:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- тип гидрогенератора;
- номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- номинальная мощность, МВА;
- коэффициент мощности;
- номинальная частота, Гц;
- номинальное линейное напряжение статора, В;
- номинальная частота вращения, об/мин;
- год выпуска.

Допускается объединять табличку гидрогенератора с табличкой гидравлической турбины.

5.11.4 На табличке возбудителя должны быть указаны:

- тип возбудителя;
- номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- номинальная мощность, кВт;
- номинальное напряжение, В;
- год выпуска;
- знак соответствия.

5.11.5 На табличке регуляторного генератора должны быть указаны:

- тип регулятора генератора;
- номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- номинальное линейное напряжение статора, В;
- номинальная частота, Гц;
- год выпуска;
- знак соответствия.

5.11.6 На табличке секции воздухоохладителя и охладителя дистиллята должны быть указаны:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- тип секции охладителя;
- номер по системе нумерации предприятия-изготовителя;
- номинальная температура охлаждающей воды, °С;
- расход воды, $м^3/с$;
- наибольшее допускаемое рабочее давление технической воды, МПа;
- год выпуска;
- знак соответствия;
- масса секции охладителя, т.

5.11.7 На табличке каждого гидрогенератора, прошедшего сертификацию, должен быть нанесен знак соответствия.

5.11.8 Гидрогенератор отправляют заказчику в частично разобранном виде, отдельными составными частями и деталями, которые упаковываются по чертежам завода-изготовителя и комплектуются согласно ведомости комплектации. Упаковка предназначена для транспортирования и не рассчитана на хранение в ней груза под открытым небом.

Допустимый срок сохранности составных частей гидрогенератора и ЗИП в упаковке и консервации изготовителя (с момента консервации и упаковки изготовителем) должен быть указан изготовителем в сопроводительной документации.

5.11.9 Поступившие на место строительства составные части необходимо хранить в соответствии с указаниями ведомости комплектации и соблюдением следующих условий размещения:

- в закрытом вентилируемом отапливаемом хранилище необходимо хранить статор обмотанный, стержни и др. детали обмотанного статора, полюса ротора, клинья полюсов и обода, крепеж и др. детали ротора, диск подпятника, сегменты подпятника, сегменты направляющих подшипников, контактные кольца с траверсой, приборы теплоконтроля, автоматики, возбуждения и торможения, запасные части;
- в закрытых помещениях с естественной вентиляцией необходимо хранить воздухоохладители, маслоохладители, вал ротора, сегменты и шпильки обода ротора, центральные части крестовин, детали подпятника, щиты воздухоразделяющие и уплотнительные, листы перекрытий, трубопроводы и вспомогательные материалы, приспособления для монтажа и эксплуатации;
- в транспортной упаковке под навесом могут храниться все остальные детали и составные части генератора.

5.11.10 Все упакованные детали, составные части и детали без упаковки должны быть осмотрены сразу после поступления в целях определения их сохранности и комплектности при транспортировании. Все повреждения упаковки и нарушения консервации должны быть устранены.

5.11.11 При длительном хранении периодически, не реже одного раза в три месяца, следует осматривать наиболее ответственные части гидрогенератора (статор с обмоткой, полюса ротора, диск подпятника, сегменты подпятника и подшипников, посадочные поверхности, поверхности трения и т. п.), тщательно оберегать их от механических повреждений и попадания влаги. Обнаруженную коррозию необходимо удалять, а консервацию обновлять.

5.11.12 До монтажа составные части гидрогенератора следует распаковывать только для переконсервации, после чего упаковка должна быть восстановлена.

5.11.13 Запасные части должны храниться в сухом закрытом вентилируемом помещении при температуре от +5 до +35 °С с относительной влажностью, исключающей возможность конденсации влаги.

5.11.14 Способ и условия транспортирования и хранения гидрогенераторов и их составных частей, а также срок и условия их сохраняемости в упаковке и консервации, выполненными изготовителем, должны быть указаны в техническом задании или технических условиях на гидрогенераторы конкретных типов.

5.11.15 Упаковка, консервация, хранение и транспортирование сборочных единиц и деталей гидрогенератора должна выполняться в соответствии с ГОСТ 15150 и ГОСТ 23216.

5.11.16 Условия хранения составных частей гидрогенератора у заказчика должны соответствовать требованиям сопроводительной эксплуатационной документации предприятия-изготовителя и ГОСТ 15150.

6 Комплектность поставки

6.1 Комплектность поставки должна быть детально оговорена в техническом задании на гидрогенератор. При этом в комплект поставки гидрогенератора должны быть включены:

- гидрогенератор (статор, ротор, крестовины, ванны с подпятником и подшипниками и.т. д.);
- регуляторный генератор (в случае его установки на агрегате);
- оборудование и аппаратура системы механического торможения;
- оборудование и аппаратура системы пожаротушения, включающие быстродействующие запорные устройства и датчики обнаружения пожара;
- трубопроводы, аппаратура и арматура систем охлаждения воздуха и масла генератора;
- трубопроводы, аппаратура и арматура системы отвода паров масла (при ее применении);
- аппаратура, оборудование, трубопроводы и арматура системы водяного охлаждения гидрогенераторов (для генераторов с водяным охлаждением);
- аппаратура, оборудование, трубопроводы и арматура для установки приготовления дистиллированной воды (при ее применении);
- оборудование подогрева воздуха в подгенераторной шахте при его длительном простое, включающее электропечи, электропроводку, датчики температуры и коммутирующую аппаратуру;
- аппаратура электрического освещения генератора;
- аппаратура контроля, защиты и управления в соответствии с приложением Г;
- аппаратура системы теплоконтроля в соответствии с приложением Г;
- аппаратура системы виброконтроля в соответствии с приложением Г;
- запасные части к генератору и его системам;
- монтажные приспособления и специальный инструмент;
- оборудование и аппаратура для гидравлических испытаний обмоток генераторов с водяным охлаждением;
- оборудование и аппаратура для электрических и гидравлических испытаний оборудования генератора (как правило, поставка осуществляется организациями, осуществляющими монтаж и проводящими пусконаладочные работы);
- паспорт, эксплуатационная документация, чертежи, схемы, протоколы испытаний в объеме, согласованном с заказчиком (чертежи должны быть предоставлены на бумажном носителе и на электронном носителе);
- система возбуждения и электроторможения, пусковое тиристорное устройство (таблица 5.3).

6.2 Заказчик может допустить поставку комплекта гидрогенератора изготовителем не в полном объеме, приняв на себя доукомплектацию генератора путем приобретения отдельных систем или устройств непосредственно у их изготовителя, в том числе у иностранных производителей (поставщиков). При этом выбор изготовителей систем или устройств, а также тип, параметры и технические характеристики изделия, включая показатели надежности, должны быть согласованы с изготовителем генератора и генеральным проектировщиком.

6.3 Границы поставки гидрогенератора:

- выводы обмоток статора — 300 мм от наружного диаметра бетонного стакана генератора;
- кабели контактных колец — 300 мм от наружного диаметра бетонного стакана генератора;
- трубопроводы воды и масла — 250 мм от наружного диаметра бетонного стакана генератора;
- система теплоконтроля — шкаф клеммный;
- трубопровод пожаротушения — 400 мм от наружного диаметра бетонного стакана генератора;
- тормозной трубопровод — шкаф аппаратуры торможения.

7 Документация, передаваемая заказчику

Изготовителем гидрогенератора должна быть передана заказчику следующая эксплуатационная документация с учетом ГОСТ 2.601 (на каждый поставляемый генератор):

- паспорт, техническое описание, инструкция по эксплуатации, консервации и хранению, инструкцию по монтажу — один комплект на бумажном носителе, один комплект в электронном виде;
- чертеж общего вида и монтажный чертеж гидрогенератора, фундаментный чертеж, чертежи основных сборочных узлов и технологических систем — два комплекта на бумажном носителе и один комплект в электронном виде. При этом два экземпляра указанных чертежей изготовитель должен передать генеральному проектировщику не позднее, чем за девять месяцев до начала отгрузки первого гидрогенератора на ГЭС;
- ведомость отправки — два комплекта на бумажном носителе и один комплект в электронном виде.

8 Порядок приемки и контроля

8.1 Для подтверждения соответствия гидрогенераторов и их составных частей, возбудителей, регуляторных и вспомогательных генераторов требованиям настоящего стандарта должны быть проведены приемочные, приемо-сдаточные, сертификационные, периодические и типовые испытания.

Приборы и оборудование, необходимые для проведения испытаний и контроля гидрогенератора, должны выбираться в соответствии с требованиями ГОСТ 10169 и ГОСТ 11828.

Сертификационные испытания гидрогенераторов должны проводить испытательные центры, аккредитованные на право проведения указанных испытаний в установленном порядке.

8.2 Приемочные испытания гидрогенераторов должны быть проведены на головных образцах на месте установки гидрогенераторов изготовителем совместно с заказчиком по следующей программе:

- приемочные испытания по ГОСТ Р 52776 и ГОСТ 5616 (5.5);
- определение телефонных гармоник (для гидрогенераторов);
- испытание на нагревание в режимах недовозбуждения;
- определение вибраций лобовых частей обмотки статора генераторов мощностью свыше 300 МВА и генераторов-двигателей мощностью свыше 100 МВА (по требованию заказчика испытания могут быть проведены также для генераторов и генераторов-двигателей мощностью 50 МВА и выше).

Испытания механической прочности при ударном токе короткого замыкания и испытания при угонной частоте вращения должны проводиться по требованию заказчика.

Приемочные испытания вспомогательных генераторов должны проводиться на головных образцах по программе в соответствии с ГОСТ Р 52776.

8.3 Приемо-сдаточным испытаниям должны быть подвергнуты составные части гидрогенераторов и каждый гидрогенератор, возбудитель, регуляторный и вспомогательный генераторы.

8.4 Приемо-сдаточные испытания составных частей каждого гидрогенератора, возбудителя и регуляторного генератора следует проводить на предприятии-изготовителе согласно 8.4.1—8.4.4.

8.4.1 Составные части гидрогенератора:

- испытание сердечника статора нагреванием (в сборе);
- испытание стержней обмотки статора и обмоток полюсов ротора с непосредственным водяным охлаждением на проходимость и герметичность;
- испытание изоляции обмотки статора относительно сердечника статора и между обмотками на электрическую прочность;
- испытание изоляции обмотки ротора относительно корпуса и междувитковой изоляции на электрическую прочность;
- испытание тормозов на прочность и герметичность;
- испытание маслоохладителей и воздухоохладителей на прочность и герметичность на заводе-изготовителе;
- испытание гидравлических цепей статора гидрогенераторов с водяным охлаждением на герметичность;
- испытание системы водяного охлаждения активных частей гидрогенератора.

8.4.2 Регуляторный генератор:

- измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками;
- испытания изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками на электрическую прочность.

8.4.3 Испытание сердечника статора гидрогенератора на нагревание следует проводить при разъемном сердечнике статора на предприятии-изготовителе, при неразъемном сердечнике статора — на месте установки.

8.4.4 Протоколы заводских испытаний должны быть направлены заказчику.

8.5 Приемо-сдаточные испытания каждого генератора, возбудителя, регуляторного и вспомогательного генераторов следует проводить на месте их установки изготовителем совместно с заказчиком по программам, определяемым требованиями ГОСТ Р 52776, ГОСТ 5616, ГОСТ 10169, ГОСТ 11828 в следующем объеме:

а) гидрогенераторы:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками;

2) измерение сопротивления изоляции температурных индикаторов;

3) измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии;

4) измерение сопротивления температурных индикаторов при постоянном токе в практически холодном состоянии;

5) испытание изоляции обмоток относительно корпуса машин и между обмотками на электрическую прочность повышенным напряжением частоты 50 Гц;

6) испытание изоляции обмотки статора относительно корпуса машины и между обмотками на электрическую прочность выпрямленным напряжением, равным 1,6 испытательного напряжения переменного тока;

7) испытание междувитковой изоляции обмоток на электрическую прочность путем повышения напряжения на 50 % сверх номинального напряжения гидрогенератора (с учетом 8.6) при стержневых обмотках статора — в течение 1 мин, при катушечных обмотках статора — в течение 5 мин;

8) определение характеристики холостого хода и симметричности напряжения;

9) определение характеристики установившегося трехфазного короткого замыкания;

10) испытание на нагревание;

11) определение сверхпереходных индуктивных сопротивлений по продольной и поперечной осям;

12) измерение электрического напряжения между концами вала;

13) измерение вибрации опорных узлов (подпятника, подшипников) и сердечника статора;

14) измерение сопротивления изоляции подшипников и подпятников;

15) измерение температуры сегментов подпятников, подшипников и масла в масляных ваннах;

16) определение номинального тока возбуждения;

17) измерение кажущегося сопротивления при переменном токе каждого полюса с целью выявления междувитковых замыканий;

18) испытание повышенным давлением воздухоохладителей, маслоохладителей и охладителей дистиллята;

19) испытание повышенным давлением обмоток с водяным охлаждением;

20) испытание при повышенной частоте вращения, достигаемой гидроагрегатом при сбросе нагрузки;

21) испытание на герметичность гидравлических цепей и проверка работы системы водяного охлаждения (машин с водяным охлаждением);

22) работа под нагрузкой с системой возбуждения в течение 72 ч в соответствии с [1];

23) измерение значения и симметрии воздушного зазора между ротором и статором.

б) регуляторные генераторы:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками;

2) испытание изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками на электрическую прочность.

в) вспомогательные синхронные генераторы:

1) измерение сопротивления изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками;

2) измерение сопротивления изоляции температурных индикаторов;

3) измерение сопротивления обмоток при постоянном токе в практически холодном состоянии;

4) испытание изоляции обмоток относительно корпуса машины и между обмотками на электрическую прочность повышенным напряжением частоты 50 Гц — по ГОСТ Р 52776;

5) испытание междувитковой изоляции обмоток на электрическую прочность путем повышения напряжения на 50 % сверх номинального напряжения генератора при стержневых обмотках статора — в течение 1 мин, при катушечных обмотках статора — в течение 5 мин;

6) определение характеристики холостого хода и симметричности напряжений;

7) определение характеристики установившегося трехфазного короткого замыкания;

8) определение сверхпереходных индуктивных сопротивлений по продольной и поперечной осям;

9) измерение кажущегося сопротивления при переменном токе каждого полюса ротора с целью выявления междувитковых замыканий.

8.6 Если система возбуждения не может обеспечить мощность, соответствующую повышению напряжения гидрогенератора сверх номинального на 50 %, при допустимом по ГОСТ Р 52776 повышении частоты вращения, то испытания междувитковой изоляции обмоток вращения на электрическую прочность допускается проводить путем повышения частоты вращения гидрогенератора.

8.7 Типовые испытания гидрогенераторов следует проводить на месте установки изготовителем совместно с заказчиком при изменении конструкции, материалов или технологии, если эти изменения могут оказать влияние на характеристики и параметры гидрогенераторов, и включить проверку параметров из программы приемочных испытаний, которые могут при этом измениться.

8.8 Периодические испытания проводят в объеме, предусмотренном программой приемочных испытаний, за исключением определения индуктивных сопротивлений и постоянных времени обмоток, испытания механической прочности при ударном токе короткого замыкания и испытания при повышенной частоте вращения. Необходимость и сроки периодических испытаний в зависимости от количества генераторов серии устанавливаются в техническом задании, но не реже одного раза в семь лет.

8.9 Сертификационные испытания рекомендуется проводить в объеме приемочных испытаний.

8.10 Если при периодических или типовых испытаниях хотя бы один гидрогенератор не будет соответствовать требованиям ГОСТ Р 52776, то следует провести повторные испытания. Результаты повторных испытаний являются окончательными.

9 Гарантии изготовителя

9.1 Изготовитель должен иметь опыт проектирования и изготовления гидрогенераторного оборудования и представить заказчику подтверждение своей деятельности, включая референцию за последние пять лет, сертификаты на продукцию, сертификаты качества, отзывы заказчиков.

9.2 Изготовитель должен гарантировать, что отклонение параметров гидрогенератора не превышает норм, установленных в ГОСТ Р 52776.

9.3 Отклонение размеров узлов генератора в пределах заданных допусков при их изготовлении должно позволить выполнить монтаж генератора без нарушения технологии и в соответствии с инструкцией по монтажу.

9.4 Изготовитель обязан обеспечить поставку оборудования на ГЭС в виде комплексных единиц и включить в объем поставки все оборудование, необходимое для нормальной и аварийной эксплуатации гидрогенератора, даже если это не было указано в технических требованиях на поставку.

9.5 Изготовитель гарантирует соответствие гидрогенераторов и вспомогательных систем, входящих в комплект гидрогенератора, требованиям ГОСТ 5616 и ГОСТ Р 52776 при условии соблюдения правил транспортирования, хранения, монтажа и эксплуатации.

9.6 Гарантийный срок эксплуатации — три года со дня ввода гидрогенератора в эксплуатацию.

9.7 В договор на поставку гидрогенератора должны быть включены положения, регламентирующие штрафные санкции, применяемые по отношению к изготовителю в случае невыполнения им обязательств согласно 9.2—9.4.

10 Оценка соответствия

На всех этапах разработки, изготовления и поставки гидрогенераторного оборудования должны производиться оценка и подтверждаться соответствия оборудования, технических устройств и систем требованиям безопасности технических регламентов, стандартов, нормативных и технических документов.

Разработка и сдача-приемка гидрогенератора и его технологических систем в соответствии с требованиями ГОСТ 15.005 осуществляется на основании утвержденного заказчиком технического задания. По инициативе одной или обеих сторон (изготовителя и(или) заказчика), а также в случаях их разногласия в оценке соответствия продукции техническому заданию (техническим условиям) на разра-

ботку окончательная оценка соответствия должна производиться путем его добровольной сертификации с оформлением сертификата соответствия.

Оценка соответствия промышленной продукции в процессе ее изготовления проводится ОТК предприятия. При этом готовая продукция должна сопровождаться сертификатом соответствия изготовителя. Изготовитель гидрогенераторного оборудования обязан до выпуска оборудования в обращение (предпочтительно на этапе производства первого образца) провести его сертификацию на соответствие требованиям по безопасности, получить сертификат соответствия и право на его применение на рынке.

Заказчик имеет право требовать подтверждения соответствия любых показателей, характеризующих качество оборудования, в том числе требований к показателям, назначению, надежности, конструктивной и технологической совместимости, унификации, ремонтопригодности, экологии, эргономике и др.

Оценка соответствия гидрогенераторного оборудования на этапе ввода его в работу и последующей эксплуатации производится заказчиком с момента поставки вплоть до принятия решения о подтверждении соответствия и оценки возможности безопасной эксплуатации оборудования по истечении нормативных сроков службы.

Приложение А
(справочное)

Структура условного обозначения гидрогенератора

Структура условного обозначения гидрогенератора представлена на рисунке А.1.

Примечание — На рисунке А.1 в скобках приведены примеры обозначений гидрогенератора

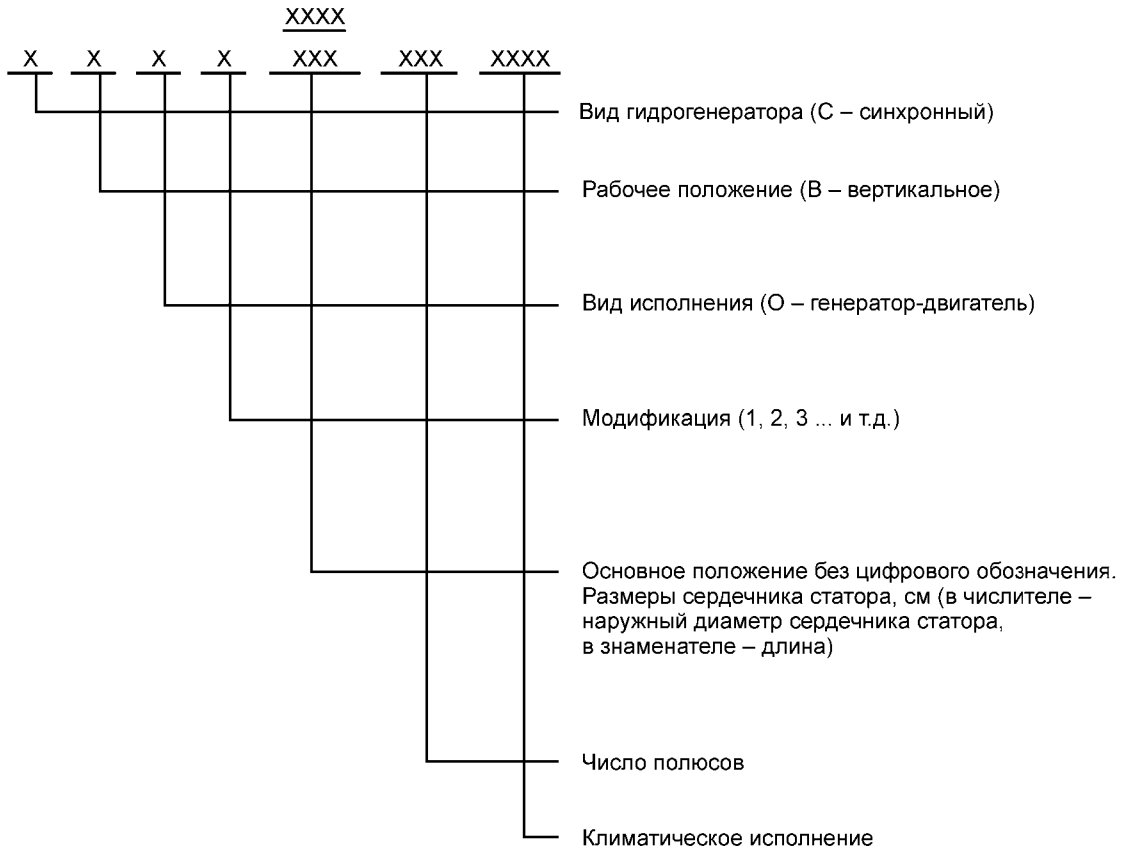

Рисунок А.1 — Структура условного обозначения гидрогенератора

Приложение Б
(обязательное)

Допустимые перегрузки гидрогенератора по току статора

Т а б л и ц а Б.1 — Допустимые перегрузки гидрогенератора по току статора

Кратность тока статора относительно его номинального значения	Продолжительность перегрузки, мин	
	при косвенном воздушном охлаждении	при непосредственном водяном охлаждении обмотки статора
1,1	60	
1,5	15	
1,2	6	
1,25	5	
1,3	4	
1,4	3	2
1,5	2	1
2,0	1	—

Приложение В
(обязательное)

Количество и места установки термопреобразователей сопротивления и манометрических термометров в системе теплоконтроля гидрогенератора

Данные по количеству и местам установки термопреобразователей сопротивления и манометрических термометров в системе теплоконтроля гидрогенератора приведены в таблице В.1.

Таблица В.1 — Количество и места установки термопреобразователей сопротивления и термометров манометрических в системе теплоконтроля гидрогенератора

Место установки	Термопреобразователи сопротивления, шт.	Термометры манометрические сигнализирующие, шт.
1 Обмотка статора: а) при воздушном охлаждении - генераторы мощностью не более 0,5 МВА; - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 10 МВА; б) при водяном охлаждении (дистиллированной водой) дополнительно к указанным выше в конце каждой параллельной цепи трубопровода системы охлаждения	Установка не обязательна Не менее 6 Не менее 12 1	
2 Сердечник статора: - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 10 МВА	Установка не обязательна Не менее 6	
3 Сегменты подпятника: - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 10 МВА	Не менее 2 в каждом сегменте	Не менее 2 Не менее 2
4 Сегменты направляющих подшипников: - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 1 МВА	Не менее 1 Не менее 2	Не менее 2 Не менее 2
5 Ванна подпятника: - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 10 МВА	Не менее 1 Не менее 2	
6 Ванна подшипника: - генераторы мощностью не более 10 МВА; - генераторы мощностью более 10 МВА	Не менее 1 Не менее 2	
7 Выход воздуха секций воздухоохладителя	1 на каждой секции	
8 Зона горячего воздуха	2	2

Приложение Г
(обязательное)

Перечень аппаратуры контроля и управления гидрогенератора

Перечень аппаратуры контроля и управления гидрогенератора приведен в таблице Г.1.

Таблица Г.1 — Перечень аппаратуры контроля и управления гидрогенератора

Наименование	Количество	Примечание
1 Система теплоконтроля: - термопреобразователи сопротивления; - термометры манометрические сигнализирующие	 По приложению В По приложению В	
2 Система охлаждения: а) Комплект аппаратуры для контроля расхода дистиллированной воды для генератора с непосредственным водяным охлаждением из антикоррозионных материалов, включая: - расходомеры; - манометры электроконтактные; - манометры показывающие; - реле уровня; - запорную аппаратуру; - датчики измерения удельного сопротивления дистиллята;	Комплект	Типы и количество определяются изготовителем генератора
б) комплект аппаратуры для контроля охлаждающей воды воздухоохладителей статора для генератора с косвенным воздушным охлаждением, включая: - манометры электроконтактные; - манометры показывающие; - запорную аппаратуру;	Комплект	Типы и количество определяются изготовителем генератора
в) комплект аппаратуры для контроля расхода охлаждающей воды подпятника и подшипника: - расходомеры или реле потока; - манометры электроконтактные; - манометры показывающие; - запорную аппаратуру	Комплект	Типы и количество определяются изготовителем генератора
3 Система маслоснабжения: а) реле уровня масла в маслованнах подпятника, подшипников; б) комплект аппаратуры при применении принудительной подачи масла под давлением к поверхностям трения, включая: - запорную аппаратуру; - клапаны; - манометры электроконтактные; - манометры показывающие; - вентили; - фильтры	 По 2 на каждую ванну Комплект	 Для одноуровневых реле Типы и количество определяются изготовителем генератора
4 Система отвода паров масла с баком и запорной аппаратурой	Комплект	
5 Система торможения. Комплект аппаратуры для управления системой пневматического торможения, включая: - пневмораспределитель; - дифференциальный манометр; - датчик положения	Комплект 1 2 По количеству тормозных колодок + 2 шт.	Типы и количество определяются изготовителем генератора

Окончание таблицы Г.1

Наименование	Количество	Примечание
6 Система пожаротушения. Комплект аппаратуры для управления системой пожаротушения из антикоррозионных материалов, включая: - быстродействующее запорное устройство; - датчики пожаротушения	Комплект 1 1 комплект	Типы и количество определяются изготовителем генератора
7 Система вибродиагностики (в объеме согласно 5.4.12)		
8 Система обогрева остановленного генератора. Комплект аппаратуры для управления системой обогрева, включая: - обогреватели; - термодатчики; - автоматический выключатель	Комплект	Типы и количество определяются изготовителем генератора

Приложение Д
(обязательное)

Требования к конструкциям гидрогенераторов и их технологическим системам

Требования к конструкциям гидрогенераторов и их технологическим системам приведены в таблице Д.1.

Т а б л и ц а Д.1 — Требования к конструкциям гидрогенераторов и их технологических систем

Наименование	Выбрать нужное
1 Конструктивное исполнение гидрогенератора: 1.1 Гидрогенераторы с частотой вращения до 200 об/мин и диаметром рабочего колеса свыше 4,5 м	Указать Зонтичное исполнение с опорой подпятника на крышку гидравлической машины
1.2 Гидрогенераторы с частотой вращения более 200 об/мин	Подвесное исполнение с опорой подпятника на верхнюю крестовину
1.3 Гидрогенераторы с частотой вращения от 150 до 333,3 об/мин	Рекомендуется выбирать на основании технико-экономического расчета
1.4 Количество подшипников (один или два)	Определяется изготовителем гидрогенератора
2 Группа механического исполнения: - гидрогенераторов мощностью не более 2,5 МВт; - гидрогенераторов мощностью более 2,5 МВт	 M2 M6
3 Тип устройства для питания измерительной части регулятора гидравлической турбины: 3.1 Регуляторный генератор: - мощность, ВА; - напряжение, В; - место установки; - поставщик	Указать на валу генератора Изготовитель генератора
3.2 Устройство формирования сигналов (зубчатка) и датчики частоты вращения: - напряжение импульсное на выходе, В амплитудных; - напряжение питания датчика, В; - место установки; - поставщик	 24 24 На валу генератора Указать (изготовитель турбины или системы ее регулирования)
3.3 Другое устройство (например, инкрементальный энкодер): - напряжение импульсное на выходе, В амплитудных; - напряжение питания датчика, В; - место установки; - поставщик	 24 24 Указать Указать
4 Статор: 4.1 Количество выводов обмотки статора (не менее 6), шт: - главных (обычно 3) - нейтральных	 Определяется изготовителем гидрогенератора Согласовывается генеральным проектировщиком

Продолжение таблицы Д.1

Наименование	Выбрать нужное
4.2 Статор транспортируется целиком (при диаметре корпуса менее 4 м) Статор выполнен из секторов (при диаметре корпуса более 4 м), шт. Активная сталь статора собирается «в кольцо» на месте монтажа (для уникальных по мощности или габаритам синхронных машин)	Определяется изготовителем гидрогенератора
4.3 Место сборки статора (шахта генератора, монтажная площадка)	Определяется генеральным проектировщиком
5 Ротор: 5.1 Расчетные напряжения примененных материалов ротора при угонной частоте вращения по отношению к их пределу текучести не должны превышать 2/3	Указывается изготовителем генератора, меньшие запасы к пределу текучести согласовываются с заказчиком
5.2 Наличие демпферной системы: - продольно-поперечная демпферная система (демпферные контура или массивные полюса ротора, замкнутые с помощью мощных медных перемычек, и применяемые на генераторах-двигателях с прямым пуском в двигательный режим); - неполная демпферная система (рассматривается только для генераторов менее 4 МВА); - демпферная система отсутствует (рассматривается только для генераторов менее 4 МВА)	Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора
5.3 Конструкция ротора: - с единым валом (как правило, для подвесных генераторов); - длина вала, м; - безвальная конструкция (как правило, для зонтичных генераторов); - разъемный ротор не требуется или разъемный ротор требуется (рассматривается для ГЭС с количеством агрегатов не более 4 с целью снижения грузоподъемности и количества кранов машинного зала)	Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Определяется генеральным проектировщиком Определяется генеральным проектировщиком
5.4 Расточка отверстий в ступице ротора под соединительные болты фланца вала осуществляется (указать): а) на заводе — изготовителе турбины; б) на заводе — изготовителе генератора по кондуктору изготовителя турбины	Способ соединения согласовывается между изготовителями генератора и турбины
5.5 Выверка общей линии вала агрегата должна выполняться на монтаже монтирующей организацией по инструкциям заводов — изготовителей турбины и генератора	—
5.6 Место сборки ротора (шахта генератора, монтажная площадка)	Определяется генеральным проектировщиком
6 Подпятник, подшипники 6.1 Конструкция подпятника: - на жесткой опоре	Указывается изготовителем генератора, согласовывается заказчиком
6.2 Конструкция подпятника, подшипников должна быть реверсивной (для генераторов-двигателей), да/нет	Указывается изготовителем генератора, согласовывается заказчиком
6.3 Покрытие сегментов (ЭМП — фторопласт), указать для: - подпятника, - подшипников	Указывается изготовителем генератора, согласовывается заказчиком

Продолжение таблицы Д.1

Наименование	Выбрать нужное
7 Система охлаждения гидрогенератора 7.1 Система охлаждения: - разомкнутая система вентиляции (гидрогенераторов мощностью не более 5 МВт), да/нет; - косвенное воздушное охлаждение, да/нет; - с отбором воздуха на отопление, %/отбор не требуется; - с непосредственным водяным охлаждением обмотки статора, да/нет	Указывается изготовителем генератора, согласовывается заказчиком
7.2 Для разомкнутой системы вентиляции указать: - допустимое давление воды маслоохладителей (0,5), МПа; - перепад гидравлического давления на маслоохладителях подпятника, подшипников, МПа; - расход воды на охлаждение масла ванн, $м^3/с$; - допустимое время работы при прекращении циркуляции воды в маслоохладителях подпятника и подшипников, с	Указывается изготовителем генератора
7.3 Для косвенного воздушного охлаждения дополнительно указать: - допустимое давление воды воздухоохладителей (0,5), МПа; - перепад гидравлического давления на воздухоохладителях, МПа; - расход воды на воздухоохладители статора, $м^3/с$	Указывается изготовителем генератора
7.4 Для непосредственного водяного охлаждения статора дополнительно указать: - расход воды для охлаждения дистиллята, $м^3/с$; - расход дистиллята для охлаждения статора, $м^3/с$; - объем дистиллята на генератор, $м^3$	Указывается изготовителем генератора
8 Система маслоснабжения гидрогенератора: - без циркуляции масла вне масляных ванн, да/нет; с циркуляцией масла вне масляных ванн, да/нет; - объем масла в ваннах, не более, $м^3$ - с принудительной подачей масла под давлением при пусках и остановах (на генераторах-двигателях), да/нет; - расход масла при пуске и останове, $м^3/с$	Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора, согласовывается с генеральным проектировщиком
9 Система отвода паров масла (да/нет)	Указывается изготовителем генератора
10 Система торможения гидрогенератора: - электрическое торможение используется (на генераторах-двигателях и генераторах мощностью более 50 МВт), да/нет; - давление воздуха при механическом торможении (0,6—0,8), МПа; - расход сжатого воздуха на одно торможение, $м^3$; - при нормальном останове при использовании электроторможения включение механического торможения должно производиться при относительной (к номинальной) частоте вращения (5 %), %; - в аварийном режиме и при отсутствии системы электроторможения включение механического торможения должно производиться при относительной (к номинальной) частоте вращения, не более (30 %), %; - количество маслонасосных установок для подъема ротора, штук на ГЭС (одна, две);	Согласовывается заказчиком с изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Согласовывается заказчиком с изготовителем генератора

Окончание таблицы Д.1

Наименование	Выбрать нужное
- передвижная маслонасосная установка должна отключаться при достижении допустимой высоты подъема ротора на тормозах при срабатывании конечных выключателей; - давление масла при подъеме ротора (10 МПа), МПа; - высота подъема ротора на тормозах не более, мм	Согласовывается заказчиком с изготовителем генератора Указывается изготовителем генератора Согласовывается с изготовителем генератора
11 Система теплоконтроля должна быть выполнена с помощью термопреобразователей сопротивления и термометров манометрических, которые устанавливаются в количестве не меньшем, чем указано в ГОСТ 5616—89. Количество и места установки первичных датчиков приведены в приложении В. Контроль за температурой осуществляется автоматической системой теплового контроля, формирующей предупредительные и аварийные сигналы при превышении допустимой температуры в любой контролируемой точке, с выводом этой информации к устройствам управления, отображения и регистрации.	Указывается заказчиком
Первичные датчики и приборы входят в поставку завода — изготовителя гидрогенератора и должны обеспечивать возможность автоматизации контроля параметров гидрогенератора с использованием микропроцессорной техники. Система теплового контроля в поставку завода — изготовителя гидрогенератора не входит. Требования к термопреобразователям сопротивления: - трехпроводная/четырехпроводная схема подключения; - материал (медь/платина); - сопротивление при температуре 0 °С (50 Ом/100 Ом)	Определяется заказчиком совместно с генеральным проектировщиком
12 Система виброконтроля для мощных уникальных генераторов, генераторов-двигателей, а также генераторов мощностью более 10 МВт, имеющих номинальную частоту вращения 500 об/мин и более, а также для генераторов на ГЭС без постоянного обслуживающего персонала рекомендуется состоящей из 4—6 датчиков контроля вибрации узлов по ГОСТ 5616—89 (п. 2. 37) в вертикальном и горизонтальном направлениях. По требованию Заказчика система виброконтроля должна осуществлять мониторинг в следующем объеме: - вибрация направляющих подшипников (2—3 канала), да/нет; - вибрация вала (2 канала), да/нет; - вибрация корпуса подпятника (1 канал), да/нет; - вибрация сердечника статора (каналов — по количеству секторов статора), да/нет; - вибрация корпуса статора (2 канала), да/нет; - вибрация лобовых частей обмотки статора (5—10 каналов)	Указывается заказчиком
13 Контроль величины воздушного зазора, да/нет	Указывается заказчиком
14 Система пожаротушения (для генераторов более 0,5 МВА), да/нет - расход воды на пожаротушение, $м^3/с$; - минимальный напор на входе в кольцевые трубопроводы, МПа	Указывается изготовителем генератора
15 Система обогрева остановленного генератора, да/нет	Указывается заказчиком
16 Аппаратура контроля и управления - аппаратура контроля и управления должна обеспечивать полную автоматизацию работы генератора; - конструкция генератора и аппаратура контроля и управления должны обеспечивать возможность работы агрегата без постоянного обслуживания; - в аппаратуре контроля и управления, как правило, должны использоваться серийные датчики с дискретными выходными сигналами, а также датчики и преобразователи с унифицированными выходными сигналами 4—20 мА	Указывается заказчиком. Перечень аппаратуры контроля и управления приведен в приложении Г
17 Степень защиты генератора по ГОСТ 17494	Указывается изготовителем генератора

Библиография

[1] Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 19 июня 2003 г. № 229, зарегистрированным Министерством юстиции Российской Федерации 20 июня 2003 г. № 4799

[2] СанПиН 2.2.4.1191—03 Электромагнитные поля в производственных условиях

[3] СанПиН 2.2.4/2.1.8.582—96 Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения

УДК 621.22/621.225:006.354 ОКС 27.140

Ключевые слова: гидрогенератор, генератор-двигатель, параметры, технологические системы, безопасность, надежность, поставка, нормы, требования, контроль, испытания, комплектность

Редактор *Г.В. Зотова*
Технический редактор *Е.В. Беспрозванная*
Корректор *Е.Д. Дульнева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 03.03.2015. Подписано в печать 25.03.2015. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,12. Уч.-изд. л. 4,75. Тираж 41 экз. Зак. 1420.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru